

# PROPUESTA DE MODELIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE LA COLA DE ACTIVIDADES DECISIONALES EN EL MARCO DEL MODELO DGRAI\*

David Peidro Payá<sup>1</sup>, Raúl Poler Escoto<sup>2</sup>, Francisco-Cruz Lario Esteban<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Escuela Politécnica Superior de Alcoy. Pza. Ferrandiz-Carbonell nº 2, 03801 ALCOY, [dapeipa@omp.upv.es](mailto:dapeipa@omp.upv.es)

<sup>2</sup>Escuela Politécnica Superior de Alcoy. Plaza Ferrandiz-Carbonell nº 2, 03801 ALCOY, [rpoler@omp.upv.es](mailto:rpoler@omp.upv.es)

<sup>3</sup>Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n 46022 VALENCIA, [fcario@omp.upv.es](mailto:fcario@omp.upv.es)

## RESUMEN

*En este artículo se presenta una propuesta de extensión de los procedimientos de simulación del Modelo DGRAI, enfocando la problemática de la gestión de las colas de actividades decisionales de los recursos humanos partícipes en el Sistema Decisional de una empresa. El modelo DGRAI, establece una parametrización del Sistema Decisional empresarial con el objeto de poder realizar una simulación de dicho sistema, con el fin de analizar el comportamiento dinámico del mismo, a través de sus parámetros temporales (Horizontes y Períodos de planificación) y el seguimiento de la evolución de la Calidad Total del Sistema Decisional. Concretamente, se va a profundizar en la definición de reglas de secuenciación de la cola de actividades de los decisores, así como en la modelización de reuniones y en el problema del impacto de la interrupción de actividades en la duración total de las mismas.*

## 1 Introducción.

El presente trabajo se enmarca dentro del ámbito de la Arquitectura de Integración Empresarial GIM y, más concretamente dentro de la Metodología Integrada GRAI referente el desarrollo de sistemas que permitan realizar una simulación del Sistema Decisional.

Se va a profundizar en la problemática de la gestión de la cola de actividades de los decisores dentro de la simulación de un Sistema Decisional dado. Todo ello, a partir de la definición de un Modelo Dinámico del Sistema Decisional [8][9], que ofrece la posibilidad de dotar a GRAI de un mecanismo de análisis de la consistencia dinámica de dicho modelo. Esta consistencia dinámica está relacionada con la simulación del comportamiento temporal del sistema decisional en aras a identificar problemas de sincronización y coordinación en la toma de decisiones. Estableciendo un conjunto de parametrizaciones de dicho sistema decisional para efectuar tal simulación (Modelo DGRAI).

En concreto, la presente extensión del Modelo DGRAI, profundiza en la parametrización de reglas de secuenciación de la cola de decisiones de los decisores, así como en la modelización de reuniones y aborda el problema del impacto de la interrupción de actividades en la duración total de las mismas.

## 2 La Metodología Integrada GRAI (GIM).

---

\* Este trabajo de investigación ha sido realizado en el marco de un Proyecto financiado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) del Gobierno Español, titulado "Software de Integración de la Gestión de Empresas Industriales, adaptación de las Arquitecturas de Sistemas Abiertos y a las Metodologías GRAI e IMPACS. Aplicación a las PYMES's Valencianas". Ref. TAP-95-0880.

La Metodología Integrada GRAI (GIM) [3][4][6][7] tiene como objetivo dar soporte a los usuarios y a los diseñadores de sistemas industriales y de servicios, comenzando por una fase de análisis del sistema existente y llegando a la fase de diseño a través de la definición de los requerimientos de los usuarios

El Modelo GRAI (Doumeings 1984) [1][2] tiene como objetivo proporcionar una descripción genérica de lo que es un sistema de fabricación incidiendo en la Gestión de Producción. Dicho modelo descompone el Sistema Empresa en tres sistemas: el Sistema Físico, el Sistema de Información y el Sistema de Decisión.

Para describir el Modelo de Información Conceptual y el Modelo de Información Estructural se utiliza el formalismo Entidad-Relación (E/R). Para el Modelo de Decisión Conceptual y el Modelo de Decisión Estructural se utiliza la Rejilla GRAI para el nivel global y las Redes GRAI para el nivel detallado. Para el Modelo Físico Conceptual y el Modelo Físico Estructural, donde se determinan los componentes del sistema en términos de su funcionalidad se utiliza el formalismo IDEF0.

### **3 Análisis Dinámico del Sistema Decisional.**

Para poder realizar un Análisis Dinámico del Sistema Decisional es necesario definir un Modelo Dinámico del Sistema Decisional (MDS) [8][9]. Una condición indispensable es que dicho modelo admita una simulación. Para la definición del MDS Se toma como base el Modelo GRAI y sus formalismos (Rejilla y Redes) a las cuales se les añaden extensiones y parametrizaciones.

El Modelo GRAI propone una estructura jerárquica para la definición del Sistema Decisional en la empresa. El nivel superior de la estructura es la Rejilla GRAI donde se encuentran ubicados los Centros de Decisión. A ese nivel se establecen ligaduras decisionales e informacionales entre los Centros de Decisión.

#### **3.1 Parametrización del Modelo DGRAI**

La parametrización del Modelo DGRAI [10] establece formulaciones para la consideración de los factores temporales y de calidad en la búsqueda y procesado de información, en la ejecución de actividades decisionales, y en la consideración de la calidad de los recursos humanos partícipes en el Sistema Decisional.

Dicha parametrización, de forma esquemática, es la siguiente:

En lo referente a los aspectos temporales de la búsqueda y procesado de información los parámetros considerados son:

$Tl_s \Rightarrow$  tiempo de localización promedio del soporte  $s$

$Tp_s \Rightarrow$  tiempo de procesado promedio del soporte  $s$

$FTl_r \Rightarrow$  factor corrector del tiempo de localización del recurso humano  $r$

$FTp_r \Rightarrow$  factor corrector del tiempo de procesado del recurso humano

Mientras que para el cálculo de la calidad de las informaciones o decisiones generadas se establece:

$$QS_s = \frac{\sum_{i=1}^{nsa} QS_i}{nsa} \cdot \frac{\sum_{j=1}^{nrha} QRH_j}{nrha} \cdot \varphi(nrha) \quad (1)$$

- $QS_s$ : Calidad del Soporte generado  $s$ .
- $QS_i$ : Calidad del Soporte utilizado  $i$ .
- $nsa$ : número de soportes utilizados en la Actividad  $a$  para la generación del Soporte  $s$ .
- $QRH_j$ : Calidad del Recurso Humano  $j$  que interviene en la generación del Soporte  $s$ .
- $nrha$ : número de Recursos Humanos que intervienen en la realización de la Actividad  $a$  para la generación del Soporte  $s$ .
- $\varphi(nrha)$ : función de incremento de calidad consecuencia de la participación de varios Recursos Humanos en la realización de la Actividad  $a$ .

Modelizando la pérdida de calidad de las decisiones con respecto del tiempo:

$$QS_s(t) = \tau(QS_{s_0}, H_{CDij}, t) \quad (2)$$

En cuanto a la parametrización de los recursos humanos que intervienen en la toma de decisiones:

$FTI_r \Rightarrow$  factor corrector del tiempo de localización del recurso humano  $r$

$FTp_r \Rightarrow$  factor corrector del tiempo de procesado del recurso humano  $r$

$FTe_r \Rightarrow$  factor corrector del tiempo de ejecución del recurso humano  $r$

$QRHe_r \Rightarrow$  factor de calidad estratégica del recurso humano  $r$

$QRHt_r \Rightarrow$  factor de calidad táctica del recurso humano  $r$

$QRHo_r \Rightarrow$  factor de calidad operativa del recurso humano  $r$

$Ca_r \Rightarrow$  coste anual del recurso humano  $r$

$$Nm = \frac{Nmin + 4 \cdot Nprob + Nmax}{6 \cdot Md} \quad (3) \quad Nd = \frac{Nmax - Nmin}{6 \cdot Md} \quad (4) \quad \beta(Nm, Nd) \quad (5)$$

- $Nmin$ : número mínimo de interrupciones a lo largo de 1 día.
- $Nprob$ : número más probable de interrupciones a lo largo de 1 día.
- $Nmax$ : número máximo de interrupciones a lo largo de 1 día.
- $Md$ : minutos por día

$$Tm = \frac{Tmin + 4 \cdot Tprob + Tmax}{6} \quad (6)$$

$$Td = \frac{Tmax - Tmin}{6} \quad (7)$$

$$\beta(Tm, Td) \quad (8)$$

- $Tmin$ : tiempo mínimo que transcurre durante una interrupción.
- $Tprob$ : tiempo más probable que transcurre durante una interrupción.
- $Tmax$ : tiempo máximo que transcurre durante una interrupción.

Para el análisis de la evolución del Sistema Decisional es necesaria la definición de un dato agregado: la Calidad Total del Sistema Decisional (CTSD).

$$QT = \frac{\sum_{s=1}^{nsg} \rho_s \cdot QS_s}{\sum_{s=1}^{nsg} \rho_s} \quad (9)$$

- $QT$  : Calidad Total del Sistema Decisional.
- $QS_s$  : Calidad del Soporte  $s$ .
- $\rho_s$  : peso relativo del Soporte  $s$
- $nsg$ : número de soportes generados en el Sistema.

#### 4 Propuesta de Modelización de la Gestión de la Cola de Actividades Decisionales.

La propuesta se centra en la definición de las correspondientes parametrizaciones (a añadir a las definidas con anterioridad) que permitan simular el comportamiento real de los recursos humanos frente al mecanismo de gestión de su cola de actividades de decisión.

Las parametrizaciones propuestas comprenden:

- a) La definición de una regla de secuenciación de decisiones, que permita simular el orden en que los decisores realizan sus actividades de decisión en función de unos criterios de prioridad establecidos. Utilizando para ello, una regla de secuenciación dinámica que tenga la posibilidad de adaptación en función de los cambios y la situación del sistema decisional.
- b) Ampliación de la Modelización y parametrización de decisiones multidecisor (reuniones) realizada por [10]. La parametrización y simulación del comportamiento de los decisores frente a las reuniones requieren una atención especial. Pues necesitan de la presencia en el mismo instante temporal de todos sus participantes. Para ello, éstos deberían encontrarse libres de ocupación o de lo contrario sería necesario interrumpir las actividades en curso de los decisores convocados. Por lo tanto, se requiere la presencia de un elemento de aborto de actividades que se debe parametrizar. Asimismo, se requiere un gestión especial de la cola de actividades de los decisores en cuya cola exista una reunión próxima en el tiempo.
- c) Parametrización de las condiciones de aborto de decisiones en curso y su influencia en la duración posterior de las mismas una vez retomadas.

##### 4.1 Secuenciación de la Cola de Actividades

La formulación propuesta es la siguiente:

$$P_i = P_{absi} \cdot \left( \frac{1}{\sum_{j=1}^{ns} QS_j} \right) \cdot k \cdot \phi(t_{proci}) \quad (10)$$

siendo:

- $P_{absi}$ : probabilidad absoluta de la decisión  $i$
- $ns$ : número de soportes que serán generados por tomar la decisión  $i$
- $Qs_j$ : calidad del soporte que se regenerará por tomar la decisión  $j$
- $k$ : parámetro que especifica el peso que el tiempo de procesamiento tiene en la fórmula (por defecto su valor es 1, aunque puede modificarse)
- $\phi(t_{proci})$ : función dependiente del tiempo de procesamiento

Observaciones:

1. Los valores de la probabilidad absoluta oscilan entre 1 y 10.
2. El valor **ns** únicamente considera aquellos soportes que son requeridos por aquellas decisiones que han sido activadas.
3. Si el valor de la calidad del soporte supera el valor del umbral mínimo, es decir,  $Qs$  se convierte en 0, el valor de resultante de la fórmula será infinito, convirtiéndose en una actividad de máxima prioridad. Hay que tener en cuenta, que aunque un soporte sobrepase el valor de su umbral mínimo, si no es requerido por ningún decisor, no es considerado para el cálculo de la prioridad de la decisión.
4. La forma que toma la función  $\phi(t_{proci})$  es la siguiente:

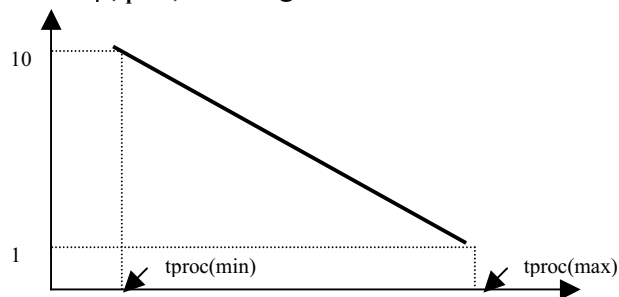


Figura 1. Formato de la función  $\phi(t_{proci})$

Con esta regla se cumplen las directrices siguientes:

1. Se parte de una prioridad absoluta
2. El tiempo de procesamiento está contemplado
3. La calidad de los soportes forma parte de la regla.
4. El tiempo de estancia en cola está considerado dentro de la pérdida de calidad de los soportes. Ya que cuanto más tiempo un soporte pase en la cola mayor será su pérdida de calidad y por lo tanto mayor será su prioridad dentro de la cola.
5. El número de actividades desencadenadas está contemplada dentro del sumatorio de la fórmula de las calidades de los soportes generados.

## 4.2 Modelización de Reuniones

Aunque las reuniones se consideran decisiones y por lo tanto se deberían regir en función de la formulación planteada en el punto anterior, se ha considerado que éstas aparecerán siempre en el primer lugar dentro de la cola de decisiones de los decisores. Pero, ya que las reuniones siempre poseen una fecha y hora de comienzo prefijado, pueden coincidir en el tiempo con otras actividades que se estén realizando en ese momento, por parte de los decisores que debían acudir a tal reunión,

y por lo tanto se deben introducir nuevos parámetros a considerar para este caso particular de modelización como puede ser el factor de aborto de actividades.

La propuesta de modelización es la siguiente: ofrecer la posibilidad de que a un decisor ausente de una reunión por estar realizando otra tarea se le pueda abortar y obligar a que se incorpore a la reunión según las siguientes normas:

1. Un decisor ausente siempre será abortado por un decisor presente de mayor rango.
2. Un decisor ausente de rango mayor o igual a los decisores presentes podrá ser abortado si aún no ha realizado cierto porcentaje de su tarea actual (definido por el índice de aborto).
3. En el segundo caso, si el decisor candidato a ser abortado se encuentra reunido, no se abortará si los presentes en su reunión son más que los presentes en la reunión en la que está ausente.

Siendo el Índice de Aborto:

$$\begin{cases} i_{aborto} = i_d + (100 - p_i) & \text{si } i_d + (1 - p_i) \leq i_{tope} \\ i_{tope} & \text{si } i_d + (1 - p_i) \geq i_{tope} \end{cases} \quad (11)$$

donde:

- $i_{aborto}$ : índice aborto valor final del índice de aborto para el decisor  $d$  y la decisión
- $i_d$ : porcentaje de aborto del decisor  $d$
- $p_i$ : prioridad de la decisión  $i$  (calculada según lo visto anteriormente, en tanto por cien)
- $i_{tope}$ : valor de progreso lo suficientemente alto, para el cual siempre se termina la actividad en curso.

Tal y como se ha definido en puntos anteriores la prioridad de una reunión dentro del conjunto de decisiones para un decisor, es máxima. Esta prioridad máxima se hará efectiva cuando se cumpla la fecha de convocatoria de dicha reunión. Pero la presencia de una reunión próxima, en la cola de actividades de un decisor, puede cambiar el mecanismo de priorización de las actividades a realizar. En concreto, si existe una reunión próxima en la que un decisor debe participar, la gestión de su cola de decisiones deberá adaptarse en función de la fecha y hora prevista de la reunión. Lanzándose aquellas actividades de decisión cuya duración sea inferior al tiempo restante hasta la reunión planificada (por orden descendente de  $p_i$ ).

$$dur_i < tr_{reunión}$$

siendo:

- $dur_i$ : la duración de la actividad de decisión "i" a lanzar
- $tr_{reunión}$ : tiempo restante hasta la reunión planificada

Pero esto no siempre es así, por ello se define umbral de reunión ( $u_r$ ) como: aquel parámetro definido en función del decisor y que intenta responder a la pregunta siguiente: ¿En que porcentaje deberá ser mayor la prioridad de una decisión  $i$  (con  $dur_i > tr_{reunión}$ ) respecto de otra  $j$  (con  $dur_j < tr_{reunión}$ ) para que sea procesada en primer lugar aunque posteriormente deba interrumpirse cuando se convoque una reunión?

Se lanzará la decisión  $i$  si  $u_r$  es menor o igual que la diferencia de prioridades entre la actividad  $i$  y la actividad  $j$ . Es decir si se cumple que:

$$u_r \leq p_i - p_j$$

Por último, hay que considerar que si una vez finalizada cualquier tarea por parte del decisor, el  $t_{reunion}$  puede ser tan pequeño que el decisor realmente prefiera esperarse sin realizar ninguna actividad de decisión hasta que finalmente acontezca la reunión. A este porcentaje de tiempo lo denominaremos tiempo residual de reunión  $t_{residual}$ . Dicho tiempo dependerá del decisor involucrado.

### 4.3 Interrupción de Actividades

En los puntos anteriores se ha introducido en la modelización la posibilidad del aborto de las actividades en curso (por ejemplo para acudir a una reunión). Pero, lo que no se ha tenido en cuenta, es el posible aumento de duración de la actividad interrumpida una vez ésta es retomada por el decisor para ser finalmente terminada (siempre que no se trate de una actividad compuesta por un conjunto de subactividades totalmente independientes entre sí, en cuyo caso la interrupción no necesitaría un tiempo extra, si se produce una vez completada una subactividad).

La formula que modeliza el comportamiento citado, está definida en tanto por cien de la duración transcurrida hasta la interrupción, y es la siguiente:

$$t_{extra} = dif \cdot \theta(t_{transcurrido}) \cdot 100$$

siendo:

- $t_{extra}$ : porcentaje de tiempo sobre la duración realizada antes de la interrupción, a añadir a la duración total de la actividad (en concepto de resumen)
- $dif$ : grado de dificultad de la actividad, dependiente del decisor y que tomará valores entre 0 y 1.
- $\theta(t_{transcurrido})$ : es una función logarítmica creciente que intenta modelizar el aumento en la duración total de una actividad, que se produciría a medida que el tiempo transcurrido desde que se interrumpió la misma crece. El aspecto de esta función se observa en la figura siguiente. Esta función devolverá valores entre 0 y 1, y los valores de su eje x estarán comprendidos entre  $t_{min}$  y  $t_{max}$  Siendo  $t_{min}$  el tiempo que mínimo debe transcurrir para plantearse hacer un resumen o recordatorio frente a empezar de nuevo. Y siendo  $t_{max}$  el tiempo máximo que una vez transcurrido obliga a empezar la actividad otra vez desde 0.

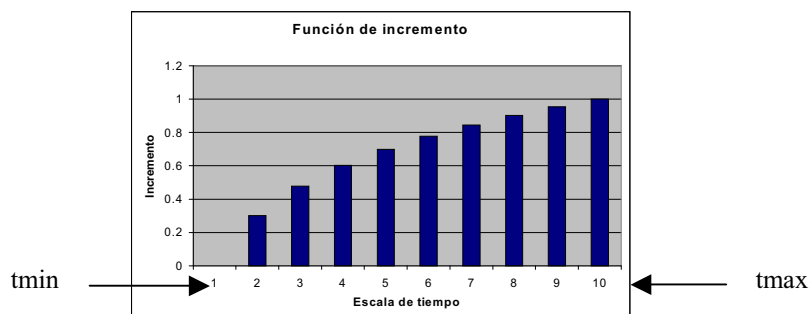


Figura 2. Formato de la función  $\theta(t_{transcurrido})$

Esta fórmula se aplicará siempre que la duración transcurrida de la actividad sea mayor que  $t_{min}$  y también el tiempo transcurrido desde que la actividad de interrumpió sea inferior a  $t_{max}$ .

El tiempo total de ampliación de la duración de una actividad interrumpida, será finalmente el obtenido de multiplicar el tiempo transcurrido hasta dicha interrupción por el valor de  $t_{extra}$ .

## 5 Conclusiones

Se ha pretendido profundizar en la parametrización del Modelo DGRAI [9], cuyo objetivo fundamental, es el análisis de la consistencia dinámica del modelo decisional de una empresa, a través de la simulación del comportamiento del sistema decisional. Esta preocupación surgió de la constatación práctica de que, sistemas decisionales consistentes desde el punto de vista estático podían no serlo dinámicamente (en funcionamiento).

Para ello, ha sido necesario definir una correcta parametrización del comportamiento de los decisores frente a la gestión de su cola de actividades (decisiones), sabiendo además que la elección de la siguiente actividad por parte de un decisor va a depender mucho de la situación en ese momento del sistema decisional, siendo inviable la utilización únicamente de una prioridad absoluta. Por otro lado, se ha abordado además la parametrización del comportamiento de los decisores cuando se convocan reuniones, teniendo en cuenta el elemento de aborto de actividades (para de esta forma lograr la presencia en el mismo instante de tiempo de todos los decisores). Y además, se ha modelizado el posible aumento del tiempo total de desarrollo de una actividad debido a la interrupción de la misma, por ejemplo para acudir a una reunión.

## Referencias

- [1] Chen D.; Vallespir B.; Doumeingts G. 'GRAI integrated CIM architecture. A proposal.' CINCOM 90 1990
- [2] Chen D; Doumeingts-G; Vallespir-B 'GRAI integrated methodology and its mapping onto generic enterprise reference architecture and methodology' Computers-in-Industry. Sep 1997; v33n2,3, pp. 387-394 1997
- [3] Doumeingts G. 'GRAI Integrated Methodology' Report LAP/GRAI 1997
- [4] Doumeingts G. 'L'approche GRAI. G.I.M. (GRAI Integrated Methodology)' LAP/GRAI 1998
- [5] Doumeingts G. 'Méthode GRAI: Méthode de conception des systèmes en productique.' Thèse d'état : Automatique : Université de Bordeaux 1 : 13 Novembre 1984
- [6] Doumeingts G.; Vallespir B.; Zanettin M.; Chen D. 'GIM: GRAI Integrated Methodology. A methodology for designing CIM systems.' GRAI/LAP. Université Bordeaux 1, v 1.0 1992
- [7] Doumeingts G.; Chen D.; Vallespir B.; Fénié P. 'GIM (GRAI Integrated Methodology) and its evolutions. A methodology to design and specify Advanced Manufacturing Systems' IFIP 1993
- [8] Poler R.; Lario F.C. 'Dynamic analysis of Decisional Systems based on GRAI nets' 5th International Workshop AUGRAI. Glasgow August, 1998
- [9] Poler R. 'Análisis Dinámico del Sistema Decisional de la Empresa en el marco del Método GRAI. Aplicación a una PYME Textil.' Tesis Doctoral 1998
- [10] Poler R., Lario F.C., Ortiz A., Vicens E. "MODELO GRAI DINÁMICO (DGRAI)" III Jornadas de Ingeniería en Organización Barcelona, 16-17 de septiembre de 1999