

Un meta-modelo de comportamiento organizacional bajo elementos de inteligencia emocional en sistemas multiagente.

Antonio Aguilera Ontiveros¹, Julio Cesar Conteras Manrique², Adolfo López Paredes³

¹ PhD, El Colegio de San Luis, Parque de Macul, 155 - San Luis de Potosí (México), aaguilera@colsan.edu.mx

² PhD, El Colegio de San Luis, Parque de Macul, 155 - San Luis de Potosí (México), ccontreras@colsan.edu.mx

³ Dr. Ingeniero Industrial, ETSII Valladolid, C/ Paseo del Cauce s/n – 47011 - Valladolid, adlo@eis.uva.es

RESUMEN

En este trabajo se presenta un meta modelo sencillo para explorar el papel de las emociones en el desarrollo de los roles dentro de grupos de multiagentes. El meta-modelo está basado en el marco de trabajo propuesto por Ferber y Gutknecht para el análisis y diseño de organizaciones con sistemas multiagente y los elementos de la Inteligencia Emocional de Goleman y el trabajo sobre agentes emocionales de Cañamero y Wright.

Palabras clave: *teoría computacional de la organización, diseño y análisis de organizaciones, modelado con sistemas multiagente, agentes motivacionales.*

1. Introducción

Hoy en día, los sistemas computacionales dominan gran parte de las actividades productivas, administrativas y científicas que se realizan en todo el mundo. Su influencia es tan grande que se puede hablar de que vivimos una revolución tecnológica, económica y cultural conocida como Informacionalismo [1,2] La actividad científica no es ajena a ésta revolución y hoy la computación es una herramienta válida para el discernimiento y la creación del conocimiento científico [3] Una de las aplicaciones más recurrentes de la computación como medio de discernimiento es en el área del modelado de fenómenos.

Recientemente, los investigadores dedicados a las ciencias sociales han comenzado a valorar las posibilidades de los modelos sociales basados en lenguajes computacionales [4] y se ha generado un nuevo campo de investigación que trabaja sobre Sociedades Artificiales. Una sociedad artificial es un modelo computacional de una organización social, humana o no, creada con el objetivo de incrementar el conocimiento y entendimiento que se tiene sobre las sociedades reales a través de la exploración, y no a través de la mera descripción, de las interacciones sociales complejas [5].

En este nuevo contexto, las teorías organizacionales han comenzado a desarrollar nuevas aproximaciones que utilizan los conceptos y aproximaciones de las sociedades artificiales para el estudio de la complejidad organizacional. La teoría computacional de la organización (COT: *Computational organization theory*) es el estudio de las organizaciones como entidades computacionales. La COT considera a las organizaciones como inherentemente

computacionales, toda vez que éstas son sistemas complejos de procesamiento de información. En este sentido, una organización está conformada por múltiples agentes distribuidos (un sistema multiagente) que tienen propiedades organizacionales, tales como la necesidad de actuar colectivamente y luchar por el poder. Estos agentes tienen tareas asignadas, usan tecnologías y recursos y a través de su conocimiento, habilidades y capacidades de comunicación resuelven problemas individuales y colectivos [6, 7, 8, 9].

Dentro de la COT, los sistemas multiagente pueden ser aprovechados para modelar el comportamiento humano en los siguientes aspectos: a) las emociones y personalidad; b) la sociabilidad; c) la organización y gestión de grupos. Sin embargo, hay que recordar que el comportamiento humano organizado es producto de todo un conjunto de procesos y situaciones que van desde lo fisiológico y psíquico, hasta lo cultural y económico. Dentro de dichos procesos, aquellos que tienen que ver con las emociones son de gran relevancia e interés para el estudioso de la organización, ya que las emociones son mecanismos de adaptación y respuesta a los cambios del medio ambiente del individuo. El problema estriba en que las emociones son difíciles de modelar ya que, si bien hay una larga tradición de investigación en psicología sobre las emociones, la mayoría de los resultados y teorías no están establecidos a través de sistemas formales lógicos de tipo causalístico susceptibles de poder convertir en modelos.

En este trabajo presentamos un meta modelo basado en sistemas multiagente para analizar la adecuación del comportamiento organizacional utilizando elementos de la inteligencia emocional. En la primera parte del artículo se presenta la problemática general del aspecto emocional dentro del contexto del comportamiento organizacional. En la segunda parte se exponen los fundamentos del modelo y por último se establecen las reflexiones finales.

2. La problemática

Los sistemas sociales están compuestos de individuos y objetos. Los individuos interactúan unos con otros y con los objetos. La interacción no es casual, sino que obedece un conjunto de intencionalidades que los individuos tratan de llevar a cabo en el ambiente creado por ellos mismos y los demás. La acción de cada individuo está limitada por la acción de los demás. Empero, las limitaciones no son homogéneas. Algunos individuos tienen mayor *libertad* de acción que otros [10].

El comportamiento de los individuos en un sistema social puede ser entendido a través de la idea de una estructura o patrón social. Esta estructura social es la base para la interacción de los individuos, propiciando y limitando simultáneamente dicha interacción. La estructura social está compuesta de un conjunto de normas o reglas de acción, las cuales son conocidas y respetadas por subconjuntos de individuos, mientras que otros subgrupos tienen poco o nulo respeto por dichas normas [10]. La forma en que cambian los patrones de comportamiento se debe a varios procesos. Conforme a esto, un estímulo sensorial causa una reacción en los patrones conductuales. Esta reacción depende de las metas personales, las normas sociales y el entorno actual del individuo y se elige de un conjunto de patrones alternativos de comportamiento.

Los comportamientos pueden ser clasificados en función de la complejidad de los mismos. Dependiendo de esta complejidad, los estímulos pueden ser de dos tipos: simples o acordes a

situaciones estandarizadas o bien complejos y propios de situaciones nuevas. Si el estímulo es simple, éste tiene la característica de que es en extremo predecible. Mientras que si el estímulo es complejo, es más bien probabilístico. Los estímulos de tipo predecible pueden ser estudiados a través de modelos casuísticos. Por su parte, los estímulos complejos se deben estudiar utilizando modelos más complejos como el propuesto por Kahneman y Tversky [11].

Las organizaciones vistas como subsistemas de ese gran sistema llamado sociedad, no escapan a la dinámica descrita en el párrafo anterior. Incluso llegan a generar formas y dinámicas de comportamiento propias, sujetas a un gran cúmulo de factores. El estudio de dichas formas y dinámicas a generado un campo de estudio específico dentro de la Teoría de la Organización, el comportamiento organizacional.

El comportamiento organizacional (CO) es el conocimiento sistemático de la conducta de los miembros de una organización, en sus diferentes niveles, para interpretar y predecir la forma en que puedan conducirse adecuadamente para el incremento de la eficacia en la misma organización [12,13,14].

La conducta de los miembros de la organización varía según el estado emocional de los mismos. La emoción es un estado interno (fisiológico y mental) de los individuos que es provocado por la respuesta interna del sujeto ante un estímulo que se percibe como agradable o desagradable. Estas reacciones pueden ser funcionales y disfuncionales para el individuo, el cual está sujeto además a un rol específico dentro de la organización y se espera que actúe de acuerdo dicho rol. Por ejemplo, un subordinado que está siendo amonestado por su jefe, percibe dicha situación como una amenaza a su seguridad e integridad física y puede reaccionar huyendo o bien enfrentando (de forma violenta) la situación. El individuo no tiene opción de actuar de otra manera, ya que según estudios sobre las emociones y el comportamiento se han encontrado que el sistema nervioso está diseñando para asegurar que el individuo responda adecuadamente y expeditamente a las amenazas a su supervivencia [15,16].

La conducción adecuada de las emociones por parte de los miembros de una organización conlleva (teóricamente) a un impacto positivo en la eficacia de esta última. Sin embargo, el éxito de los líderes en la estimulación de ciertos estados emocionales adecuados para un incremento en el desempeño de las funciones, queda sujeto a un gran cúmulo de factores. Entre ellos se cuentan, principalmente, la capacidad de los miembros de la organización para elegir adecuadamente la decisión o acción pertinente y, las limitaciones de racionalidad [17, 18] que padecen los mismos líderes; por ello, resulta sumamente difícil establecer modelos cognitivos exitosos que faciliten la gestión cotidiana de las tareas y funciones de los miembros de la organización a su cargo [19, 20, 21].

El modelo propuesto pretende ser una herramienta de análisis para el estudio de la adecuación del comportamiento en las organizaciones bajo las últimas aproximaciones de inteligencia emocional en el CO.

3. El modelo

El modelo que proponemos está fundamentado en el propuesto por Ferber y Gutknecht [22] y en la ley de efecto de Thorndike [23] para las emociones, que establece que la emociones

actúan como reforzadores (positivos o negativos) del comportamiento y el trabajo de Cañamero [24] y Wright [25] sobre sistemas multiagentes emocionales.

El modelo propuesto por Ferber y Gutknecht considera un esquema básico de actuación para los agentes en una organización. El nivel más elemental considera un agente como una entidad capaz de comunicarse, la cual tiene un rol específico dentro de un grupo al cual pertenece (ver figura 1). Los grupos son conjunto que agregan agentes. Los agentes pueden pertenecer a más de un grupo. Los grupos dependen no de los agentes, si no más bien de los roles y funciones de los agentes. Las estructuras grupo identifican todos los roles y las interacciones que ocurren en un grupo. Las interacciones entre los agentes son representadas a través de grafos entre los roles. El modelo no establece la estructura formal del agente.

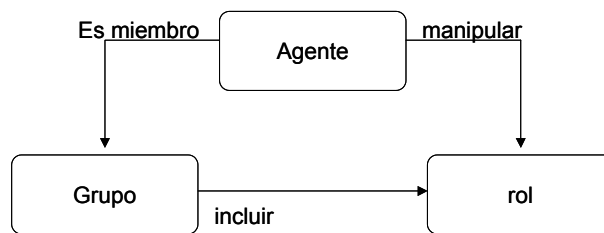


Figura 1: El meta-modelo básico de Ferber y Gutknecht (adaptación propia)

Dentro del sistema/grupo, un rol puede ser entendido funcionalmente como un conjunto de acciones que el agente, previsiblemente, habrá de desempeñar dentro del grupo. Cognitivamente las acciones que determinan cada rol son del dominio de cada uno de los agentes dentro del grupo. Entonces tenemos que para Ferber y Gutknecht el rol define la secuencia de las acciones y por lo tanto el tipo de estructuras organizativas que se pueden dar entre varios grupos (ver figura 2) .

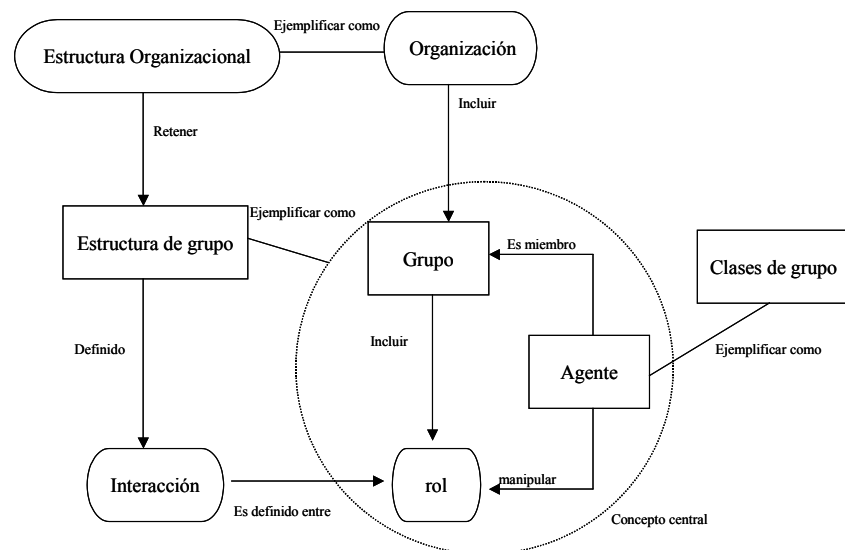


Figura 2: El meta-modelo de organización de agentes de Ferber y Gutknecht (adaptación propia)

En nuestro modelo proponemos un conjunto de elementos adicionales al rol, que nos permita explorar el papel de las emociones en el comportamiento organizacional de los agentes. Los roles están conformados por secuencias de acciones que son “disparadas” a través de la recepción de un mensaje y una “función emotiva”.

Las secuencias de acciones están estructuradas a través de un autómata finito no determinista. Formalmente: Sea $S = \{S_1, \dots, S_n\}$ el conjunto de acciones de un rol particular, el cual se identificará con el conjunto de estados del autómata. Una de las acciones S_i es considerada la acción inicial. Existe un $\hat{S} \subset S$ y $\hat{S} \neq \emptyset$, llamado el conjunto de las acciones finales. Existe un conjunto de mensajes $M = \{m_1, \dots, m_k\}$ y un conjunto de valores de emociones $\Psi = \{\psi_1, \dots, \psi_m\}$. Los valores de las emociones (digamos la ansiedad y el bienestar) son calculados a través de la discretización de la siguiente función $\psi_i^t = \Psi_{bienestar}^t - \Psi_{ansiedad}^t$. En donde $0 \leq \Psi_{ansiedad}^t \leq 1$ es el valor de la emoción “ansiedad” en el tiempo t , mientras que $0 \leq \Psi_{bienestar}^t \leq 1$ es el valor de la emoción “bienestar” en el tiempo t . Además, $\Psi_{bienestar}^t + \Psi_{ansiedad}^t = 1 \forall$ los tiempos t . El “disparo” o transición de una acción a otra está dado por una colección Δ tomada de $S \times \{M \times \Psi\} \rightarrow S$ que determina las posibles acciones siguientes para el par (s_i, σ) , en donde $\sigma = (m_k, \psi_l)$.

El conjunto de los agentes $A = \{A_1, \dots, A_k\}$ está conformado por una mezcla de dos tipos de agentes emocionales a saber, los agentes “optimistas” $A_i^{optimista}$, y los agentes “pesimistas” $A_j^{pesimista}$. Ambos tipos de agentes “poseen” las emociones $\Psi_{ansiedad}$ y $\Psi_{bienestar}$. Pero “reaccionan” de diferente manera a los estímulos (mensajes) y por lo tanto modifican sus emociones de manera distinta. Existen diferentes mecanismos que se pueden proponer para modificar sus emociones y por lo tanto su capacidad de realizar las acciones del rol asignado.

El mecanismo que nosotros proponemos es un sistema estocástico tipo Monte Carlo [26]. En este mecanismo un generador de números aleatorios genera para cada iteración y agente un número el cual será comparado con una función de probabilidad predefinida para cada tipo de personalidad. Por ejemplo, se puede proponer una distribución de tipo de Poisson para el caso discreto. Si el número aleatorio cae dentro del rango adecuado entonces el agente “dispara” la regla de incrementar en una unidad de cambio (digamos por ejemplo, 0.1) el valor de Ψ_i . El incremento de Ψ_i inmediatamente implica el decremento del Ψ_j complementario.

Es claro que este mecanismo es rudimentario, pero permite una primera aproximación tipo caja negra al verdadero modelado de los mecanismos psicológicos que gobiernan la interacción emoción-comportamiento. Otra idea más sofisticada para modelar el mecanismo de disparo de las emociones es usar un autómata estocástico asociado a un álgebra procesal estocástica [27]. En este contexto, el autómata estocástico es un autómata convencional al que se le han añadido “relojes” que gobiernan su dinámica. Los relojes están colocados de forma aleatoria de acuerdo a una función de distribución asociada y su valor decrece conforme pasa el tiempo. La ocurrencia de una transición en un cierto tiempo es controlada por los relojes. Formalmente, un autómata estocástico es una estructura $(S, s_0, C, A, \rightarrow, k, F)$ en donde, S es

un conjunto de localizaciones; $s_0 \in S$ es la localización inicial; C es un conjunto de relojes; A es un conjunto de acciones, $\rightarrow \subseteq S \times (A \times \wp(C)) \times S$ es el conjunto de los aristas; usualmente se denota $(s, a, C, s') \in \rightarrow$ por $s \xrightarrow{a, C} s'$ y se dice que C está en su conjunto disparador; $k : S \rightarrow \wp(C)$ es la función de establecimiento de relojes; $F : C \rightarrow (\mathcal{R} \rightarrow [0,1])$ asigna a cada reloj una función de distribución tal que $F_x(t) = 0$ para $t < 0$. Nótese que cada reloj $x \in C$ es una variable aleatoria con función de distribución F_x .

Para entender como funciona el mecanismo de disparo de una emoción cualquiera usando el modelo de autómatas estocásticos considérese el siguiente ejemplo (ver figura 3).

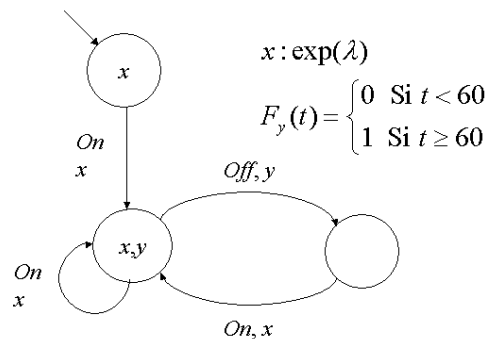


Figura 3. Mecanismo de disparo de una emoción. Adaptado de D'Argenio *et al.*

En dicho modelo, los círculos representan las localizaciones, las variables enumeradas en cada localización son los relojes que pueden estar colocados de acuerdo a la función k , las flechas representan los aristas. El estado inicial es presentado por la flechita que entra sobre el círculo superior. La función de distribución es:

$$x : \exp(\lambda)$$

$$F_y(t) = \begin{cases} 0 & \text{Si } t < 60 \\ 1 & \text{Si } t \geq 60 \end{cases}$$

El mecanismo actúa de la siguiente forma: x es una variable aleatoria gobernada por una distribución exponencial, la cual dispara el mecanismo poniéndolo en el estado *On* y es independiente del tiempo. Si el mecanismo ya está en el estado *On* puede seguir en dicho estado si se dispara el reloj x . El reloj y lleva el mecanismo al estado *Off* si la variable temporal excede o igual 60. En este caso y es una variable aleatoria con probabilidad 1. Es claro que ambas variables, x , y , pueden ser gobernadas por otras funciones estocásticas permitiendo de esta manera una simulación más realista de los mecanismos de disparo de una emoción.

Utilizando mecanismo tan simples y formales como el anterior, el proceso de modelar sistemas emocionales complejos se convierte en una tarea de ensamblar subsistemas simples bien caracterizados. Otra ventaja es que este tipo de mecanismos permite generar modelos más visuales y fáciles de entender para aquellos colegas no familiarizados con los formalismos matemáticos.

3. Conclusiones y trabajo futuro

La inteligencia emocional es una descripción de las funciones cerebrales y mentales que tiene que ver con las emociones y su rol dentro del comportamiento humano en general. De forma específica, el estudio de la inteligencia emocional en entornos de actividad colectiva es de singular relevancia para el estudio de las organizaciones.

El esquema de meta modelo que proponemos permite considerar de manera explícita y formal la emociones y su influencia en el funcionamiento de los roles en las organizaciones de multiagentes. El meta-modelo propuesto es lo suficientemente flexible para permitir distintos mecanismos de representación/funcionamiento de las emociones sobre las acciones. El formalismo matemático, es además muy simple, y no implica tener habilidades matemáticas, más allá de las otorgadas por un curso a nivel de pregrado en ciencias de la computación y/o informática. Otra ventaja de nuestra propuesta es que a partir del meta-modelo de Ferber y Gutknecht, se puede ir más allá sin modificar sustancialmente el formalismo original. Así las aplicaciones que ya se han desarrollado sobre la base del meta-modelo de Ferber y Gutknecht pueden ser modificadas utilizando nuestra adecuación.

El trabajo a desarrollar sobre esta línea es construir un entorno de simulación que permita poner en funcionamiento nuestra propuesta y explorar diferentes mecanismos de gestión de las emociones, tanto a nivel individual como colectivo dentro del modelo.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero prestado por la DAI-CONACyT (México) a través del proyecto: “Desarrollo de modelos cognitivos basados en sistema multi-agente”, (No. Ref. 35138-S) y por el CICYT de España, a través de proyecto: “La Investigación Socioeconómica desde la Inteligencia Artificial: Modelos Basados en Agentes (Contribuciones en memoria de Herbert Simon)” No. Ref. BEC-2001-2108.

Bibliografía:

- [1] Castells, M. (1985). *High Technology, space and society*, Beverly Hills, CA: Sage.
- [2] Castells, M. (1999). *La era de la Información*, España: Ed. Siglo Veintiuno, Vol. I.
- [3] Payne, J.A. (1988). *Introduction to simulation: Programming techniques and methods of analysis*, New York, McGrawHill.
- [4] Gilbert, N. G., y Conte, R., (1995). (Eds). *Artificial Societies: The computer simulation of social life*, London: UCL Press.
- [5] Epstein, J. M. y Axtell, R. (1996) *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom U.*, Cambridge, MA: MIT Press.
- [6] Prietula, M.J., Carley, K.M. y Gasser, L. (Editores) (1998) *Simulating organizations: Computational models of institutions and groups*, Cambridge, Mass: The MIT Press.

- [7] Lomi, A. y Larsen, E.R. (Editores) (2001) *Dynamics of Organizations: Computational modeling and organization theories*, Menlo Park, CA: AAAI Press and MIT Press.
- [8] Ferber, J. (1999). *Multi-agent systems: An introduction to distributed artificial intelligence*, Essex: Addison-Wesley.
- [9] Aguilera, A. y López, A. (2001) *Modelado multiagente de sistemas socioeconómicos: Una introducción al uso de la inteligencia artificial en la investigación social*, Colección Investigaciones, México: El Colegio de San Luis.
- [10] Méndez, J. S., Monroy, F. y Zorrilla S. (1991) *Dinámica social de las organizaciones*, México: McGraw-Hill.
- [11] Kahneman, D. y Tversky, A. (1979) "Prospect Analysis of decision under risk", *Econometrica*, Vol. 47, Issue 2, Marzo, 263-292.
- [12] Gordon, J. R. (1997) *Comportamiento organizacional*, México: Prentice-Hall.
- [13] Luthans, F. (1985) *Organizational Behavior*, Singapore: Mcgraw-Hill.
- [14] Robbins, S. P. (1987) *Comportamiento organizacional. Conceptos, controversias y aplicaciones*, México: Prentice-Hall.
- [15] LeDoux, J.E. (1992) "Emotions and the limbic system". *Concepts in Neuroscience*, 2, 169-199.
- [16] LeDoux, J.E. (1993) "Emotional memory systems in the brain". *Behavior and Brain Research*, 58, 69-79.
- [17] Simon, H.A. (1955) "A behavioral model of rational choice", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 69, issue 1, 99-118.
- [18] Simon, H.A. (1979) "Rational decision making in business organizations", *The American Economic Review*, vol. 69. issue 4, 493-513.
- [19] Soto, E. (2001). *Comportamiento organizacional: Impacto de las emociones*, México: Thomson Learning.
- [20] Reece, B.L. y Brandt, R. (1999) *Effective human relation in organizations*, Boston, Ma: Houghton Mifflin.
- [21] Goleman, D. (2000) *La inteligencia emocional*, México: Vergara.
- [22] Ferber, J. y Gutknecht, O. (1998) "A meta-model for the analysis and design of organizations in multi-agent systems". En *Proceedings of the Third International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS98)*, 128-135, Paris, France.
- [23] Thorndike, E.L. (1913) *Educational psychology: The psychology of learning* (Vol. 2),

New York: Teachers College Press.

- [24] Cañamero, D. (1997) “Modeling Motivations and Emotions as a Basis for Intelligent Behavior”, en Johnson, W.L. (Ed) *Proceedings of the First International Conference on Autonomous Agents*, 148-155. New York, NY: ACM Press.
- [25] Wright, I. P. (1997) *Emotional Agents*. PH. D. Thesis. School of Computer Sciences, University of Birmingham. <<http://citeseer.nj.nec.com/wright97emotional.html>>
- [26] Gordon, G. (1989) *Simulación de sistemas*, México: Editorial Diana.
- [27] D'Argenio, P.R., J.-P. Katoen and E. Brinksma, (1995) *A Stochastic Automata Model and its Algebraic Approach*. In Proc. PAPM'97, pages 1-16. University of Twente, Enschede. CTIT Technical Report 97-14, <<http://citeseer.nj.nec.com/28323.html>>