

## Emergencia de conocimiento en los agentes evolutivos

[Marta Fernández de G.](#),  
[Andreas Polyméris](#),  
[Ricardo Contreras](#),  
[M. Angélica Pinninghoff](#),  
[Esteban Osses](#)

### Resumen

La problemática de la *generalización* es abordada con diversas técnicas en áreas como Minado de Datos, Aprendizaje, Reconocimiento de patrones. El interés es obtener un conocimiento conciso a partir de un gran conjunto de datos. Redes neuronales, técnicas de aprendizajes y otros han sido propuestos para resolver este problema pero hasta ahora no se conocen algoritmos realmente eficientes.

Nuestro propósito es sugerir un enfoque innovador basado en ideas que se encuentran en el área de la Vida Artificial y que además pueda ser aplicado en cualquier área en donde se presenta este problema. Si un agente logra captar las características esenciales implícitas en esa gran cantidad de datos, interpretarlas y modificar así su propia estructura, podrá *hacer emerger el conocimiento* necesario para responder a los planteos que le presenta el ambiente en donde está inmerso. Además, y lo que es más importante, este conocimiento debe ser compacto porque entendemos que la idea de *comprender* está íntimamente ligada con la de *comprimir*.

### 1. La Problemática

En áreas de la computación tales como Minado de Datos, Aprendizaje, Reconocimiento de Patrones, un agente se ve enfrentado a una gran cantidad de datos. Estos pueden ser recolectados a través del tiempo, en el caso por ejemplo de un robot que debe aprender a efectuar una tarea particular, o almacenados en grandes dispositivos de información como las bases de datos en el minado de datos. Considerar toda esta información de manera explícita, para resolver problemas reales, requiere espacios de memoria considerables así como tiempos de cómputo muy largos. Se necesita entonces realizar una compactación de los datos, no sólo por necesidades de economía en espacio y tiempo sino, y lo que es más importante, porque pensamos que de esta manera emerge el conocimiento en el agente. Expliquemos mejor esta idea. A medida que el agente va percibiendo los datos que le llegan del ambiente, éste realiza una interpretación de los mismos. Si mediante esta interpretación, logra captar las características esenciales (fundamentales) implícitas en los datos, estará efectuando una generalización de ellos la cual le permitirá razonar por analogías. Ante nuevas situaciones no conocidas por él, el agente podrá utilizar este conocimiento más general para establecer correspondencias entre estas nuevas situaciones particulares y las categorías de problemas que ya sabe resolver o enfrentar. En el área de Aprendizaje, este problema (el de aprender a partir de grandes espacios de datos) es abordado con diversas técnicas de generalización [2,8].

Nuestro propósito es entonces sugerir un enfoque que pueda realizar esta generalización y que pueda ser aplicado en cualquier área en donde se presenta este problema. Para ello, nos basamos en técnicas e ideas que se encuentran en el área de la Vida Artificial [7,9], es decir nos inspiramos en los sistemas vivos. Pretendemos crear un sistema artificial que haga algo comparable a lo que entendemos que muchos sistemas vivos logran ¿Por qué una propuesta tipo Vida Artificial? Porque pensamos que toda máquina inteligente tendría que proceder combinando unas pocas facultades elementales de cómputo usando para ello una memoria limitada. Los sistemas vivos (los cuales presentan estas características) son los que mejor resuelven problemas complejos del tipo que estamos abordando. Además, pensamos que los resultados obtenidos por medio de métodos de Inteligencia Artificial no son suficientemente satisfactorios para resolver problemáticas como la nuestra. Dicha problemática presenta subproblemas del tipo NP-completo para los cuales no se conocen algoritmos eficientes.

## 2. El Paradigma

Dado que nuestro enfoque se basa en ideas y conceptos que se encuentran en el área de la Vida Artificial y los sistemas vivos, nuestro objetivo es construir un sistema artificial, capaz de evolucionar y que ante planteos que le va presentando el ambiente en que está inmerso mejore su operar, es decir; responda cada vez mejor a los problemas que le van surgiendo. Estos planteos, que se van dando en el tiempo, constituyen un gran conjunto de datos. La idea principal es entonces que el agente pueda obtener el conocimiento inherente a ese conjunto de datos (sus características esenciales) para plasmarlo de manera concisa en su estructura. Este plasmar se efectúa gracias a un proceso que llamamos de generalización, el cual es un proceso interno al sistema gatillado por perturbaciones (planteos) externas provenientes del ambiente. Estamos por lo tanto adoptando una epistemología sistémica al estilo de Observing Systems de H. von Foerster [3] y De Máquinas y Seres vivos de H. Maturana y F. Varela [4].

### 2.1 Estructura-Operatividad

El agente posee una estructura en la cual está plasmado conocimiento acerca del ambiente en donde está inmerso. Este conocimiento está en forma de conceptos o categorías que son abstracciones de posibles problemas que enfrentará el agente. En un principio, la estructura inicial poseerá un conocimiento quizás incompleto del ambiente el cual permitirá al agente responder de manera no tan eficiente a los planteos del ambiente. Es decir, existirán planteos para los cuales ó no tiene ninguna respuesta ó, si la tiene, no es la respuesta más adecuada. En el primer caso, simplemente el agente no posee las categorías necesarias con las cuales establecer las correspondencias. En el segundo, encuentra una, pero ella no es una buena generalización del problema particular.

Decimos entonces que el agente posee una cierta habilidad de respuesta. Es esta habilidad de respuesta la que define la operatividad del agente.

Entendemos que la operatividad es un resultado de esta estructura. El agente responde (operatividad) en función de lo que conoce (estructura). Por ejemplo, el hecho de utilizar un libro pesado (estructura) para colocarlo sobre ciertas hojas de papel y así evitar que se vuelen (operatividad) debido a una ráfaga de viento imprevista. La estructura del libro se adapta a la funcionalidad que se está buscando, aunque sabemos que el objetivo principal del mismo no es de usarlo como pisapapeles.

En la subsección siguiente veremos que lo contrario también es cierto.

### 2.2 Evolución

El proceso de generalización es el que hace emerger el conocimiento en la estructura del agente. Mediante el mismo, el agente constituye categorías las cuales son un conocimiento compactado del ambiente en el que está inmerso. Pero ¿qué perseguimos con esta categorización? Simplemente mejorar la habilidad de respuesta del agente. Lograr que responda a planteos que en un principio no sabía enfrentar. Por ejemplo, un robot sólo sabe manipular cajas cuadradas y ahora se le presenta una rectangular.

Surge por lo tanto la necesidad de modificar la estructura del agente para que se adapte al ambiente que lo rodea. La estructura debe evolucionar para mejorar así el operar del agente en su medio. La estructura es entonces un resultado de la operatividad del agente. Ella se modifica en función de las necesidades de respuesta al ambiente.

Los cambios estructurales se producen sólo cuando el agente no puede responder a ciertos planteos que le presenta el ambiente, es decir cuando el agente entra en crisis. Para enfrentar dichas crisis, el proceso de generalización se encarga de encontrar aquella categoría que se parezca lo más posible al

planteo que produjo el quiebre. A partir de ambos, se propone una nueva categoría (supuesto) que es introducida en la estructura. Esta suposición puede provocar contradicciones en la estructura, lo que lleva a una reorganización de la misma para eliminar esos conflictos. Esta dinámica es la que permite cuestionar aquellos supuestos que en algún momento se efectuaron y que a medida que el ambiente va presentando nuevos planteos se vuelven incorrectos.

Esta dinámica de evolución de la estructura no se realiza de manera azarosa, está condicionada a la potencialidad de adaptabilidad de la estructura a su ambiente, es decir un agente se adapta a su ambiente en la medida que su estructura se lo permite y esto regido por ciertos principios reguladores: la coherencia estructural-operativa y la economía.

En nuestro enfoque, para el primer principio, el agente (ante un planteo para el cual no tiene respuesta) propondrá nuevas categorías que englobarán quizás categorías ya existentes. Estos nuevos conceptos deben mantener la operatividad (requerida por el ambiente) de las categorías que estos conceptos pueden reemplazar. Por ejemplo, un robot sabe manipular cajas cuadradas pero el ambiente comienza a presentarle cajas rectangulares. Mediante el proceso de generalización, emerge el conocimiento que las cajas rectangulares son generalizaciones de las cuadradas y que la antigua operatividad (manipulación de cajas cuadradas) puede ser tratada como un caso particular de este nuevo concepto. Este es un principio regulador entre el agente y su medio.

En cuanto al segundo principio, las nuevas categorías propuestas deben poder compactar el conocimiento ya existente en la estructura manteniendo dentro de lo posible la operatividad de la estructura. Este es un principio regulador inherente (interno) al agente.

Como dijimos anteriormente, la evolución no se efectúa de manera azarosa, está condicionada a la estructura inicial del agente y regida por los principios reguladores descritos anteriormente. Esto permite, con una alta probabilidad, que el sistema evolucione hacia estructuras que son representativas del ambiente. Otras técnicas evolutivas [1] tales como los algoritmos genéticos [5] también presentan esta característica, la convergencia no siempre está asegurada.

## 2.3 Características del Conocimiento Emergente

Hemos dicho que los cambios estructurales se producen sólo en situación de crisis. En ese caso, se proponen conceptos que serán correctos en la medida que abarquen una gran cantidad de casos particulares. En otras palabras, cuando los planteos (del mismo tipo) que se presentan en el futuro son reconocidos (existen correspondencias) por esas nuevas categorías propuestas. Si este no fuera el caso, se irían generando un sinnúmero de categorías alternativas para poder responder a los requerimientos del ambiente. Por un lado, esto violaría el principio regulador de economía y por otro lado, crearía una gran competencia entre las categorías para reconocer los planteos del ambiente (lucha por la sobrevivencia).

Entendemos entonces que para garantizar la correctitud y sobrevivencia del conocimiento que va emergiendo en la estructura, es necesario que éste sea alimentado por los planteos del ambiente. En otras palabras, estamos dando al conocimiento una connotación dinámica: para prestar servicios debe consumir recursos [10]. Por ejemplo, si pensamos en un sistema económico y la conocida ley de la oferta y la demanda, para que una empresa sea exitosa debe proponer los servicios y/o productos (estructura-operatividad) que pide el mercado (planteos del ambiente). Las demandas del mercado promueven la creación de empresas que proponen servicios y/o productos adaptados a las mismas pero también regulan la cantidad de empresas que pueden coexistir brindando los mismos servicios.

Cabe notar además que el conocimiento emergente no sólo es dinámico sino también subjetivo [6], en el sentido en que las categorizaciones que un agente propone son dependientes de la estructura (inicial) del mismo. Dos estructuras distintas, enfrentadas a una misma secuencia de planteos del ambiente conceptualizarán de diferentes maneras, según lo que cada una de esas estructuras tiene

plasmado como conocimiento. La evolución no será necesariamente la misma para lograr la misma operatividad.

Por último, el conocimiento debe ser compacto [2]. Pensamos que la idea de comprender está íntimamente ligada con la de comprimir. Mientras más conceptos se poseen, más se diluye la comprensión.

Entendemos aquí, que de dos estructuras que responden a una misma secuencia de planteos, la más simple es la mejor (interpretación de la Navaja de Occam). La simplicidad viene dada por la relación existente entre la dinámica del conocimiento (cantidad de planteos reconocidos por los conceptos) y su grado de compactación (tamaño de la estructura). Es por esto que la subjetividad juega su rol importante. De dos agentes con una misma estructura inicial, preferiremos aquel que ante la misma secuencia de planteos, logre hacer emerger el conocimiento de manera más compacta, es decir que utiliza mejor los recursos (de manera más económica) para prestar los mismos servicios.

## Bibliografía

1. T. Bäck, U. Hammel, H. Schwefel. Evolutionary Computation: Comments on the History and Current State. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, Vol. 1, Nro. 1, 1997.
2. D. Ballard. An Introduction to Natural Computation. The MIT Press, 1997.
3. H. von Foerster, Observing Systems. Intersystems Publications, 1984.
4. H. Maturana, F. Varela. De Máquinas y Seres vivos. Una caracterización de la organización biológica. Editorial Universitaria, 1972.
5. Z. Michalewicz. Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs. Springer-Verlag, 1996.
6. C. Nehaniv, K. Dautenhahn. Embodiment and Memories - Algebras of Time and History for Autobiographic Agents. <http://homepages.feis.herts.ac.uk/~nehaniv/EM6pp/EM6pp.html>, 1998.
7. R. Pfeifer, C. Scheier. Understanding Intelligence. The MIT Press, 1999.
8. S. Russel, P. Norvig. Inteligencia Artificial, Un enfoque moderno. Prentice Hall, 1996.
9. M. Sipper. If the milieu is reasonable: Lessons from nature on creating life. Journal on Transfigural Mathematics, Vol. 3, Nro. 1, 1997.
10. I. Wright. The Society of Mind Requires an Economy of Mind. <http://www.cpm.mmu.ac.uk/cpmrep70.html>, 2000.