

Memoria de Beca de Especialización en el Extranjero  
en Temas de Interés para la CAPV. 2001-2002.

Xabier Barandiaran Fernandez  
xabier@barandiaran.net

**Estudios Realizados:**

Evolutionary and Adaptive Systems MSc  
COGS, University of Sussex, UK.  
(Master Científico en Sistemas Evolutivos y Adaptativos.  
Facultad de Ciencias Cognitivas de la Universidad de Sussex,  
Brighton, Reino Unido.)

25 de noviembre de 2002

## Resumen

Los estudios realizados han consistido en un total de 8 asignaturas en torno a la evolución y adaptación de sistemas complejos, concretamente de redes neuronales con especial atención en la adaptación situada y corporalizada. La metodología de investigación ha girado alrededor de simulaciones por ordenador de entornos adaptativos y arquitecturas de control generadas a través de algoritmos genéticos. El trabajo y la investigación realizada culminó en una *dissertation* (equivalente a tesina) de 13.000 palabras que incluye un trabajo de investigación teórico sobre los conceptos de autonomía, adaptación y función, la programación y simulación de conducta adaptativa basada en redes recurrentes de plasticidad homeostática y un análisis de los resultados obtenidos en términos de teoría de sistemas dinámicos.

## 1. Asignaturas Cursadas y Seminarios Atendidos

Se cursaron las asignaturas correspondientes al Master, un total de 8 de acuerdo a lo exigido por la titulación. Cada una de las asignaturas consistió en un mínimo semanal de dos horas lectivas más un mínimo de una hora de prácticas o seminarios (para los que generalmente se exigía la lectura de dos o más artículos científicos o una serie de ejercicios prácticos). Las asignaturas cursadas fueron: Técnicas de Programación, Fundamentos de Computación Formal, Vida Artificial, Inteligencia Animal y de Máquinas, Historia y Filosofía de Sistemas Adaptativos, Temas en Filosofía de Las Ciencias Cognitivas II, Redes Neuronales y Sistemas Adaptativos. Las asignaturas fueron evaluadas en base a uno o dos trabajos trimestrales de unas 2.500 palabras. Entre otros temas el becario presentó trabajos re-

alizados sobre: Evolución de Redes Hopfield, Teoría de Sistemas Dinámicos y Ecuaciones Diferenciales, Fundamentos Teóricos de Comunicación Animal, Teoría Representacionalista de la Mente, Algoritmos Genéticos Autónomos (basados en variable de energía), Teoría Funcionalista Computacional y Evolutiva Aplicada a la Biología y Clasificación en Redes de Función de Base Radial<sup>1</sup>.

Además de las asignaturas mencionadas se acudió asiduamente a los seminarios de la facultad en Vida Artificial (ALERGIC seminar), Filosofía de las Ciencias Cognitivas (en el que se presentó una ponencia bajo el título *An interactivist-constructivist approach to naturalism, intentionality and mind*<sup>2</sup>), y acudimos ocasionalmente al seminario en Teoría de la Evolución de la Facultad de Biología.

Se atendió el *WGW'02 EPSRC/BBSRC International Workshop on Biologically-Inspired Robotics (The Legacy of W. Grey Walter)* realizado en los laboratorios de HP en Bristol durante los días 14, 15 y 16 de Agosto.

## 2. Conocimientos Adquiridos

Durante el curso se adquirieron una serie de conocimientos fundamentales en: programación en C y en Matlab de simulaciones de redes neuronales (*feed-forward*, redes Hopfield [7], redes recurrentes dinámicas de tiempo continuo [2, 13] y redes de función de base radial) y de vida artificial, especialmente robótica evolutiva [6, 8] (simulación de entornos virtuales, sensores, motores, y algoritmos genéticos [10] —microbianos [5], de rank-

---

<sup>1</sup>Las calificaciones se encuentran adjuntas a la memoria, la puntuación se da tanto %, siendo una media de 40 % suficiente para superar el curso y más de un 65 % apto para el grado de "distinción".

<sup>2</sup>Enfoque interactivista-constructivista al naturalismo, la intencionalidad y la mente. La ponencia consistió en la exposición y discusión del artículo del mismo título escrito por W.D. Christensen y C.A. Hooker.

ing y espacialmente distribuidos), teoría de sistemas dinámicos, teoría de ciencias cognitivas dinámicas, etología computacional [3], neurociencia computacional [4], robótica evolutiva, cibernética y teoría de la adaptación [1, 9]. Al mismo tiempo se adquirieron los estándares requeridos para la publicación de artículos científicos (edición en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 2<sub>ε</sub>, programas de cálculo y generación de gráficos: Gnuplot y Matlab, etc), creación de posters científicos, y redacción de documentos científicos.

### 3. Trabajo de Investigación

Al final del curso (durante el trimestre de verano) se llevó a cabo una tesina (13.000 palabras) de fin de grado titulada: *Adaptive Behaviour, Autonomy, and Value Systems. Normative function in dynamical adaptive systems*<sup>3</sup> y dirigida por el Doctor Ezequiel Di Paolo. En la tesina se explora el concepto de autonomía adaptativa a través de la teoría de sistemas dinámicos y se investiga la función adaptativa y normativa de sistemas de valoración basados en redes recurrentes dinámicas con modulación sináptica basada en homeostasis neuronal [11]. Para ello se llevó a cabo una investigación sobre definiciones matemáticas de los conceptos de autonomía [15, 12], adaptación y función (dentro del la teoría de sistemas dinámicos) y se aplicaron teorías recientes sobre homeostasis neuronal y plasticidad sináptica [14] en una simulación evolutiva de un robot controlado por redes neuronales plásticas. La tesina se encuentra adjunta a la memoria (junto a una traducción del *abstract* o resumen), la evaluación de la misma se hará pública a partir de la tercera semana de Octubre. La tesina está publicada

<sup>3</sup>Conducta Adaptativa, Autonomía y Sistemas Valorativos. Función normativa en sistemas adaptativos dinámicos

*online* en la dirección:

[http://www.cogs.susx.ac.uk/lab/adapt/EASy\\_MSc\\_abs\\_02.html](http://www.cogs.susx.ac.uk/lab/adapt/EASy_MSc_abs_02.html)

### 4. Futuros Trabajos y Contactos

El trabajo de investigación realizado será recogido en dos artículos científicos para posterior publicación. Al mismo tiempo se ha recibido una oferta de residencia investigadora de dos meses en el *Konrad Lorenz Institut* (Austria) para desarrollar una simulación de agentes autodirigidos (en colaboración con el Dr. Wyne Christensen). Asimismo el la Facultad de COGS (Facultad de ciencias cognitivas y de la computación) de la Universidad de Sussex (Brighton), ha mostrado interés en mantener contacto y colaboración con el becado para futuros proyectos de investigación.

### Referencias

- [1] W.R. Ashby. *Design for a Brain. The origin of adaptive behaviour*. Chapman and Hall, 1952.
- [2] R. D. Beer. Toward the evolution of dynamical neural networks for minimally cognitive behaviour. In P. Maes, M. Mataric, J. A. Meyer, J. Pollack, and S. Wilson, editors, *From Animals to Animals 4: Proceedings of the Fourth International Conference on Simulation of Adaptive Behaviour*, pages 421–429. Harvard, MA: MIT Press, 1996.
- [3] D. Cliff. Computational Neuroethology. A provisional manifesto. In J.A. Meyer and S.W. Wilson, editors, *From Animals to Animals: Proceeding of the First International Conference on Simulation of Adaptive Behaviour*, pages 29–39. Harvard, MA: MIT Press, 1991.
- [4] Abbott L.F. Dayan, P. *Theoretical Neuroscience*. MIT, Cambridge, MA, 2001.
- [5] I. Harvey. Artificial Evolution: A Continuing SAGA. In Takashy Gomi, editor, *Evolutionary Robotics: From Intelligence to Artificial Life. Proceedings of the 8th International Symposium on Evolutionary Robotics*. Springer-Verlag, 2001.
- [6] I. Harvey, P. Husbands, D. Cliff, A. Thompson, and N. Jakobi. Evolutionary Robotics: the Sussex Approach. *Robotics and Autonomous Systems*, 20:205–224, 1997.
- [7] J.J. Hopfield. Neural Networks and Physical Systems with Emergent Collective Computational Abilities. *Proceedings of the National Academy of Science*, 79:2554–2558, 1982.
- [8] P. Husbands, I. Harvey, D. Cliff, and G. Miller. Artificial Evolution: A New Path for Artificial Intelligence? *Brain and Cognition*, 34:130–159, 1997.

- [9] H.R. Maturana and F.J. Varela. Autopoiesis. The realization of the living. In H. Maturana and F. Varela, editors, *Autopoiesis and Cognition. The realization of the living*, pages 73–138. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland., 1980.
- [10] M. Mitchell. *An Introduction to Genetic Algorithms*. MIT, Cambridge, MA, 1998.
- [11] E. A. Di Paolo. Homeostatic adaptation to inversion of the visual field and other sensorimotor disruptions. In J.-A. Meyer, A. Berthoz, D. Floreano, H. Roitblat, and S.W. Wilson, editors, *From Animals to Animats 6: Proceedings of the Sixth International Conference on Simulation of Adaptive Behavior*, pages 440–449. Harvard, MA: MIT Press, 2000.
- [12] K. Ruiz-Mirazo and A. Moreno. Searching for the Roots of Autonomy: the natural and artificial paradigms revisited. *Artificial Intelligence*, 17.
- [13] A. C. Slocum, D. C. Downey, and R. D Beer. Further experiments in the evolution of minimally cognitive behavior: From perceiving affordances to selective attention. In J. A. Meyer, A. Berthoz, D. Floreano, H. Roitblat, and S. Wilson, editors, *From Animals to Animats 6: Proceedings of the Fourth International Conference on Simulation of Adaptive Behavior*, pages 430–439. Harvard, MA: MIT Press, 2000.
- [14] G.G. Turrigiano. Homeostatic plasticity in neuronal networks: The more things change, the more they stay the same. *Trends in Neuroscience*, 22:221–227, 1999.
- [15] F. Varela and P. Bourguine. Towards a Practice of Autonomous Systems. In F. Varela, editor, *Towards a Practice of Autonomous Systems. Proceedings of the First European Conference on Artificial Life*, pages xi–xvi. 1992.

**Firmado**

**El Becado**

---

Xabier E. Barandiaran Fernandez  
a fecha:

**El Director del Curso**

---

Dr. Inman Harvey  
a fecha: