

Modelos de Computación Natural

Mario de J. Pérez-Jiménez

Dpto. de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial

Universidad de Sevilla

E-mail: Mario.Perez@cs.us.es

1. Introducción

Las limitaciones físicas que presentan los ordenadores electrónicos, en lo que respecta a la velocidad de cálculo de los procesadores y a la miniaturización de las componentes físicas del hardware, ha fomentado la búsqueda de caminos alternativos a la computación que podríamos llamar convencional.

La *Computación Natural* es una disciplina inspirada en los procesos que se desarrollan en la Naturaleza y que son susceptibles de ser interpretados como procedimientos de cálculo. Es decir, trata de capturar la forma en que la Naturaleza lleva *calculando* millones de años. Durante la última década se ha desarrollado una intensa actividad investigadora en esta disciplina emergente y el futuro se presenta fascinante y prometedor. Este capítulo está dedicado a la descripción de los modelos de Computación Natural y a un breve estudio de los mismos.

En la sección 2 se realiza una sucinta introducción de la complejidad computacional de problemas abstractos, centrándonos en la definición de las clases de complejidad de manera global, en el concepto de tratabilidad o resolubilidad algorítmica práctica y en la conjetura $\mathbf{P} \stackrel{?}{=} \mathbf{NP}$.

La sección 3 está dedicada a presentar la Naturaleza como una fuente de inspiración computacional capaz de presentar alternativas a las limitaciones computacionales inherentes a los problemas abstractos que son *presuntamente intratables* (es decir, tales que cualquier solución algorítmica conocida del mismo necesita una cantidad de recursos de tipo exponencial en el tamaño del dato de entrada).

En la sección 4 se describen los *algoritmos genéticos*, inspirados en un mecanismo de selección natural por el cual los individuos *mejores* son los que sobreviven a lo largo del tiempo. En la sección 5 se presenta una breve descripción de las *redes neuronales artificiales*, inspiradas en la estructura de conexiones que se producen en el cerebro.

La *computación molecular* tiene como objetivo el desarrollo de procedimientos sistemáticos a partir de las propiedades computacionales de las moléculas orgánicas, en particular del ácido desoxirribonucleico. En la sección 6 se describen las primeras ideas de la *computación molecular basada en ADN* y se presenta un modelo molecular con memoria.

La última sección de este capítulo está dedicada a un nuevo modelo de computación introducido recientemente por Gh. Păun: la *computación celular con membranas*. Se trata de un modelo paralelo de tipo distribuido y no determinista inspirado en la observación de los procesos que se producen a nivel celular.

Referencias

- [1] ADLEMAN, L. Molecular Computation of Solutions to Combinatorial Problems. *Science*, 268 (November 1994), 1021–1024.
- [2] ADLEMAN, L. On constructing a molecular computer. En *DNA based computers* (R.J. Lipton and E.B. Baum, eds.), American Mathematical Society, 1996, 1–22.
- [3] BEAVER, D. A universal molecular computer. En *DNA based computers* (R.J. Lipton and E.B. Baum, eds.), American Mathematical Society, 1996, 29–36.
- [4] BERRY, G.; BOUDOL, G. The chemical abstract machine. *Theoretical Computer Science*, 96, 1992, 217–248.
- [5] BLUM, M. A machine-independent theory of the complexity of recursive functions. *Journal ACM*, vol. 14, núm. 2, 1967, 322–336.
- [6] CALUDE, C.S.; CASTI, J.; DINNEEN, eds. *Unconventional Models of Computation*, Springer, 1998.
- [7] COOK, S.A. The complexity of theorem-proving procedures. *Proceedings of the 3rd Annual ACM Symposium in Theory of Computing*, 1971, 151–158.
- [8] FEYNMAN R.P. There's plenty of room at the bottom. En *Miniaturization* (D.H. Hilbert, ed.), Reinhold, 1961, 282–296.
- [9] FREUND, R.; MARTÍN-VIDE, C; PĂUN, G. From Regulated Rewriting to Computing with membranes: Collapsing Hierarchies. Submitted, 2001.
- [10] GAREY M.R.; JOHNSON D.S. *Computers and intractability*, W.H. Freeman and Company, New York, 1979.
- [11] HEAD, T., Formal language theory and DNA: an analysis of the generative capacity of specific recombinant behaviors. *Bulletin of Mathematical Biology*, 49, 1987, 737–759.
- [12] HEAD, T. Aqueous Simulations of Membrane Computations. *Romanian Journal of Information Science and Technology*, vol. 4, núm. 1-2, 2001.
- [13] HOLLAND J.H. *Adaptation in natural and artificial systems*. MIT Press, 1975.
- [14] ITO, M.; MARTÍN-VIDE, C.; PĂUN, G. A characterization of Parikh sets of ETOL languages in terms of P systems. Submitted, 2001.
- [15] KARI, L. DNA Computing: Arrival of Biological Mathematics. *The Mathematical Intelligencer*, Springer-Verlag, New York, vol. 19, num. 2, 1997, 9–22.
- [16] KARP. R.M. Reducibility among combinatorial problems. *Complexity of Computer Computations*, Plenum Press, New York, 1972, 85–104.

- [17] KRISHNA, S. N.; RAMA, R. On the power of P systems with sequential and parallel rewriting. *International Journal of Computer Mathematics*, vol. 77, núm. 1-2, 2000, 1–14.
- [18] KRISHNA, S. N.; RAMA, R. P systems with replicated rewriting, *Journal of Automata, Languages and Combinatorics*, vol. 6, núm. 3, 2001, 345–350.
- [19] LIPTON R.J. DNA Solution of Hard Computational Problems. *Science*, 268 (April 1995), 542–545.
- [20] MANCA, V. String rewriting and metabolism: A logical perspective. En *Computing with Bio-Molecules. Theory and Experiments*, Springer-Verlag, Singapore, 1998, 36–60.
- [21] MARTÍN-VIDE, C.; MITRANA, V.; PĂUN, G. On the power of P systems with valuations. *Computación y sistemas*, 5 (2), 2001, 120–127.
- [22] MCCULLOCH, W.S.; PITTS, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, vol. 5, 1943, 115–133.
- [23] MINSKY, M.; PAPERT, S. *Perceptions*, Cambridge, M.A. MIT Press, 1970.
- [24] PĂUN, A. On P systems with membrane division. En *Unconventional Models of Computation* (I. Antoniou, C.S. Calude, M.J. Dinnen, eds.), Springer-Verlag, London, 2000, 187–201.
- [25] PĂUN, A.; PĂUN, G. The power of communication: P systems with Symporters-Antiporters. *New Generation Computers*.
- [26] PAŮN, GH. Computing with membranes. *Journal of Computer and System Sciences*, 61, 1, 2000, 108–143, y *Turku Center for Computer Science – TUCS Report N? 208*, 1998 (www.tucs.fi)
- [27] PĂUN, GH. *Membrane Computing. An introduction*. Springer-Verlag, 2002.
- [28] PĂUN, GH.; PÉREZ-JIMÉNEZ, M.J. Recent Computability models inspired from Biology: DNA and Membrane Computing. *Theoria*, 2003, en prensa.
- [29] PĂUN, GH.; ROZENBERG, GR.; SALOMAA, A. On the splicing operation *Discrete Applied Mathematics*, 70, 1996, 57–79.
- [30] PĂUN, GH.; ROZENBERG, GR.; SALOMAA, A. *DNA Computing. New Computing Paradigms*, Springer, 1998.
- [31] PÉREZ-JIMÉNEZ, M.J. Computación molecular sin memoria basada en ADN. En *Información: Tratamiento y Representación*. (A. Nepomuceno, J.F. Quesada y F. Salguero, eds.), Servicio de Publicaciones, Universidad de Sevilla, 2001, capítulo 15, 271-313.
- [32] PÉREZ-JIMÉNEZ, M.J.; SANCHO, F. *Computación Celular con Membranas: Un modelo no convencional*. Editorial Kronos, 2002.

- [33] PÉREZ-JIMÉNEZ, M.J.; SANCHO, F. *Máquinas moleculares basadas en ADN*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, 2003.
- [34] PEVZNER, P.A. *Computational Molecular Biology. An Algorithmic Approach*. The MIT Press, 2000.
- [35] ROSENBLATT, F. The perception: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological Review*, vol. 65, 1959, 368–408.
- [36] ROWEIS, S.; WINFREE, E.; BURGOYNE, R.; CHELYAPOV, N.V.; GOODMAN, M.F.; ROTHEMUND, P.W.K.; ADLEMAN, L. A Sticker-Based Model for DNA Computation. *Journal of Computational Biology*, vol. 5, num. 4, 1998, 615–629.
- [37] SINDEN, R.R. *DNA Structure and Function*. Academic Press, 1994.
- [38] ZANDRON, C.; MAURI, G.; FERRETI, C. Solving NP-complete problems using P systems with active membranes. En *Unconventional Models of Computation* (I. Antoniou, C.S. Calude, M.J. Dinnen, eds.), Springer-Verlag, London, 2000, 289–301.
- [39] P systems web page: <http://psystems.disco.unimib.it/>
- [40] Página Web del Grupo de Investigación en Computación Natural de la Universidad de Sevilla: <http://www.cs.us.es/gcn>