

8

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Esta unidad sirve como resumen y reflexión acerca de las principales aportaciones de los sistemas P al ámbito de los modelos de computación y por tanto a la resolución mecánica de problemas. Adicionalmente, ofrece una revisión de las herramientas para la simulación empleadas en el curso, e ilustra acerca de las principales áreas de aplicación práctica de este tipo de sistemas y herramientas.

1 PRINCIPALES APORTACIONES DE LOS SISTEMAS P

A lo largo del curso hemos podido analizar y comprobar algunas de las principales aportaciones de los sistemas P tanto al ámbito de los modelos de computación como a la resolución de problemas reales. Algunas de las aportaciones son las siguientes:

- La *Computación Celular con Membranas*, como otras ramas de la *Computación Natural*, se inspira en procesos de la Naturaleza que han venido funcionando con éxito a lo largo del tiempo, lo que hace suponer la existencia de algunas virtudes si este tipo de procesos han perdurado con la evolución. Esta disciplina nace del supuesto de que los procesos que tienen lugar en el interior de las células vivas pueden ser considerados como procesos de cálculo, como computaciones. Este modelo abre *nuevas expectativas a la hora de atacar la resolubilidad práctica de problemas NP-completos*. Esta sería una primera gran aportación, en este caso en el ámbito de la computación y por tanto en la resolubilidad mecánica de todo tipo de problemas.
- El formalismo proporcionado por las distintas variantes de sistemas P resultan por lo general bastante más intuitivos a expertos en distintas áreas de la Biología, Ecología, Medicina, Química, etc. que otros modelos como las ecuaciones diferenciales ordinarias (EDOs), ya que permite reflejar de una forma bastante directa la asociación entre individuos o el efecto producido por la interacción en forma de reactivos y productos.

- Los modelos de computación basados en sistemas P ofrecen ventajas significativas: modularidad, paralelismo y no limitación sobre el número de variables interrelacionadas que evolucionan de forma simultánea. Estas propiedades los hacen muy atractivos para la modelización de ecosistemas complejos.
- Las herramientas existentes en el ámbito de la computación celular con membranas permiten especificar los sistemas P de una forma muy cercana a su definición teórica, pero de forma entendible por la máquina, de forma que no requiere un gran esfuerzo de programar herramientas software en determinados lenguajes de programación sino directamente en el lenguaje de la célula: P-Lingua. Estos sistemas además disponen de herramientas visuales y entornos integrados para la modelización, el análisis, la depuración, simulación, visualización gráfica y verificación, por lo que a partir de un problema resuelto a nivel teórico se puede generar rápidamente una herramienta personalizada que permite tratar el problema tanto desde el punto de vista del diseñador de sistemas P como del usuario final, interesado en el problema en sí y no en el formalismo empleado.

2 HERRAMIENTAS SOFTWARE PARA SIMULACIÓN

Recordemos que todo modelo de computación consta de una especificación sintáctica y su dinámica se rige por medio de una semántica formal. Al referirnos a un *simulador* hemos hecho referencia a una aplicación software/hardware que describe la especificación de un modelo formal de computación a través de un cierto lenguaje de programación, y que captura su semántica mediante la implementación de un algoritmo de simulación que debe reproducir la dinámica del modelo con fidelidad. Es decir, cada paso de computación del modelo formal es reproducido en el simulador a través un número finito de pasos, de tal manera que el simulador es capaz de determinar los elementos básicos del modelo que han intervenido de forma relevante en ese paso.

Se han podido analizar y emplear de una forma muy práctica algunas de las herramientas que están a la vanguardia en la computación celular con membranas: P-Lingua y MeCoSim, aplicándose a problemas de muy diversas áreas:

- Lógica: satisfactibilidad de una fórmula lógica.
- Matemáticas: cuadrados de números, coloración de grafos.
- Dinámica de poblaciones: evolución de las poblaciones de ecosistemas, y control de una pandemia.

Así, P-Lingua nos ha proporcionado el lenguaje en el que escribir la estructura, los elementos básicos y las reglas que rigen el comportamiento de las células, tejidos y neuronas, además de venir acompañado de una serie de analizadores de los modelos introducidos y simuladores para hacerlos evolucionar de acuerdo al comportamiento esperado por la variante de sistema P introducida.

Por su parte, MeCoSim nos ha proporcionado una amplia batería de funcionalidades construidas sobre el núcleo de P-Lingua, permitiendo la definición de aplicaciones visuales de simulación a medida, haciendo uso simplemente de un archivo de configuración Excel. Estas interfaces permiten abstraer a los usuarios finales de los detalles de diseño de los sistemas P, proporcionando mecanismos de entrada, salida y visualización gráfica, además de un mecanismo para instanciar los sistemas P parametrizados en P-Lingua. En la batería de funcionalidades, ampliables a través de las herramientas de gestión de repositorios (de plugins, aplicaciones, modelos y escenarios), destacan los mecanismos de edición, depuración, simulación, visualización (de grafos y de gráficos de columnas, líneas o sectores), o análisis de las estructuras de membranas, los multiconjuntos o los alfabetos.

3 PRINCIPALES ÁREAS DE APLICACIÓN PRÁCTICA

La inspiración biológica de los sistemas P no conllevó desde sus inicios la aplicación a áreas relacionadas con la biología, sino que se aplicó inicialmente al ámbito de la Computación en particular, y la Matemática en general, centrándose en estudios teóricos para analizar la potencia computacional del modelo, la universalidad, la resolubilidad práctica o la complejidad y eficiencia computacional.

Sin embargo, una vez demostrada la universalidad de un buen número de variantes (digamos la capacidad para resolver cualquier problema del cuál se pueda plantear un mecanismo de resolución mecánica, equiparable por tanto a una máquina de Turing como en el caso de los ordenadores electrónicos que empleamos diariamente), comenzaron a encontrarse diversas áreas en las que este paradigma de computación tiene mucho que decir, entre otros por los motivos comentados en los apartados anteriores. Ha demostrado ser en los últimos años un paradigma de computación capaz de resolver de manera adecuada y práctica problemas en el ámbito de la Lógica, la Matemática, la Biología a nivel micro y macro, destacando en el ámbito de la Biología de Sistemas y Sintética, la Ecología, especialmente en Dinámica de Poblaciones, la Medicina, la Algorítmica (problemas clásicos resueltos generalmente empleando otros paradigmas), la Economía o la Electrónica (diseño de circuitos).

Como último trabajo para concluir el curso, se propone realizar un estudio de posibles aplicaciones que a la luz de lo aprendido podrían resultar de interés y para los que pueda ser adecuado el uso de sistemas P. Además, lo ideal sería presentar estas posibles aplicaciones haciendo uso de la metodología vista y siguiendo la sistemática PBE (con escenario, modelo, definición P-Lingua, simulación y resultados). Una posibilidad para el trabajo final sería diseñar una solución a algún problema. No es necesario que presente una excesiva complejidad, se puede tomar como referencia la batería de ejemplos analizados, y adaptar uno de ellos para resolver un problema similar. Para más detalles, véase el enunciado de la Tarea en Moodle asociada a esta unidad.