

Sistema de Apoyo para Desarrollar la Habilidad de Pensamiento Computacional Basado en la Programación Competitiva

Support System to Develop Computational Thinking Skills Based on Competitive Programming

Jacqueline Lira Chávez¹ y Ana Lidia Franzoni²

Instituto Tecnológico Autónomo de México - Río Hondo # 1. Colonia Progreso Tizapán, Álvaro Obregón, 01080, Ciudad de México, México

¹ jliracha@itam.mx

² analidia@itam.mx

Fecha de recepción: 27 de julio de 2022

Fecha de aceptación: 27 de septiembre de 2023

Resumen. Este artículo presenta un sistema inteligente para desarrollar la habilidad de pensamiento computacional en estudiantes a través de la programación competitiva. El pensamiento computacional ayuda a los estudiantes a desarrollar habilidades analíticas y de resolución de problemas. A través de la programación competitiva, los estudiantes enfrentan desafíos complejos que requieren soluciones eficientes y creativas, lo que les permite perfeccionar sus habilidades para enfrentar problemas en el mundo real. El enfoque propuesto utiliza exámenes diagnósticos para determinar el nivel de habilidad de cada usuario y adaptar los ejercicios de manera personalizada. Los resultados preliminares indican la satisfacción de los estudiantes que utilizan el sistema.

Palabras Clave: Programación Competitiva, Sistema Experto, Pensamiento Computacional.

Summary. This article presents an intelligent system to develop computational thinking skills in students through competitive programming. Computational thinking helps students develop analytical and problem-solving skills. Through competitive programming, students face complex challenges that require efficient and creative solutions, allowing them to hone their skills in tackling real-world problems. The proposed approach uses diagnostic examinations to determine the skill level of each user and adapt the exercises in a personalized way. Preliminary results indicate the satisfaction of students who use the system.

Keywords: Competitive Programming, Expert System, Computational Thinking.

1 Introducción

El pensamiento computacional es una habilidad esencial dentro de la educación. Aunque no existe un consenso sobre qué es, la investigadora Jeannette Wing lo definió como la capacidad de formular un problema y su solución de tal forma que una computadora lo pueda llevar a cabo (Wing, 2014). Va más allá de solo saber programar, es utilizar la inteligencia y creatividad humana aunado a la tecnología nueva para abordar nuevos problemas [2].

La programación competitiva es un deporte mental en el que se busca resolver un problema con ciertas restricciones. En una competencia de programación, se le presentan a los concursantes una serie de problemas lógico-matemáticos para que escriban programas computacionales que los resuelvan [3]. Es una forma de pensamiento computacional, pues fomenta que se utilicen diversas herramientas para encontrar soluciones a problemas complejos, basándose en los conceptos fundamentales de las ciencias de la computación.

Actualmente existen varios recursos para la programación competitiva, sin embargo, estos tienen algunas desventajas, como la falta de cursos de programación competitiva en las universidades, aunado al hecho de que los recursos se encuentren en otro idioma; también se tiene que las páginas actuales tienden a conformarse por sólo bases de problemas y soluciones, o por páginas y libros enfocadas puramente en la parte teórica, sin haber una relación entre éstos y finalmente, la falta de una retroalimentación individualizada que permita identificar las deficiencias personales en el aprendizaje.

2 Estado del Arte

En el sistema se buscaba adecuar la experiencia de aprendizaje de un estudiante hacia sus necesidades. Una manera de realizar esto es a través de un sistema experto, que es un sistema computacional que emula el conocimiento de un experto en su área. Existen diferentes tipos de sistemas expertos, entre los cuales está el sistema basado en reglas. La información del experto está representada con una serie de reglas de la forma IF-THEN en donde, dados los datos iniciales y utilizando estas reglas se llega a inferir una conclusión adecuada [4].

En el ámbito de la educación los sistemas expertos se han utilizado de diversas formas. Hwang et al. realizaron un sistema basado en lógica difusa para enseñar matemáticas que tomaba en consideración el estado afectivo del alumno, es decir, su motivación a aprender [5]. Daramola et al. implementaron un sistema experto basado en casos y reglas para asesorar estudiantes en la elección de cursos, en donde se recomendaba qué cursos debía tomar un estudiante de acuerdo con su historial académico [6]. Por último, en la Universidad Federal de Kazán en Rusia, Salekhova et al. desarrollaron un sistema experto utilizando el modelo Relación Concepto-Efecto (CER, por sus siglas en inglés). Este modelo se utiliza para relacionar los diferentes prerrequisitos que se tienen en los diferentes temas dentro de un curso, en particular entre conceptos que se deben aprender en un orden específico [7].

Para la programación competitiva actualmente existen diferentes recursos para aprender, sin embargo, estas tienen algunos problemas. El principal es que la mayoría de los recursos no ofrece retroalimentación personalizada. En el caso de las plataformas en línea, en particular los jueces en línea, si hay retroalimentación dado que éstos evalúan la solución y muestran si fue aceptado o no. Con esta información, un estudiante puede identificar si el problema fue la implementación o la teoría detrás de la solución. Sin embargo, esto no toma en consideración que el estudiante no pueda hacer esta distinción. En caso de que no se tengan los conocimientos necesarios para resolver un problema, es importante identificar dónde está teniendo problemas para aprender.

3 Metodología

En esta sección se describe el diseño y la implementación del sistema de aprendizaje para el reforzamiento del pensamiento computacional a través de ejercicios de programación competitiva de manera personalizada según los conocimientos iniciales de cada estudiante. Por lo tanto, el objetivo de este artículo es mostrar la conexión entre los conceptos de pensamiento computacional y la programación competitiva en un sistema que presenta el material de forma personalizada de acuerdo con el nivel que tiene cada estudiante.

3.1 Sistema Experto

Para el desarrollo, se decidió hacer un sistema experto basado en reglas con encadenamiento hacia adelante, cuya arquitectura se muestra en la Figura 1.

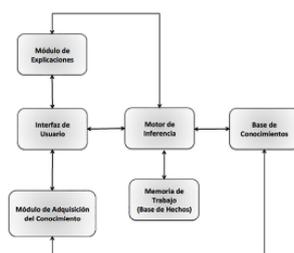


Figura 1. Arquitectura de un sistema experto. Fuente: [8]

Un sistema experto consiste en varias componentes independientes, que son la interfaz de usuario, un motor de inferencia, una base de hechos, una base de conocimiento y un módulo de explicaciones. Por último, se tiene un módulo de adquisición de conocimientos. A continuación, se describe cómo debe ser el funcionamiento del sistema experto, cuyo diagrama de flujo se puede observar en la Figura 2.

En este sistema un usuario entra a su sesión personal y realiza el examen diagnóstico. Con base en los resultados, se genera una matriz de conocimiento en donde se determina el nivel de un estudiante en cada tema

examinado, y se actualiza en la base de datos. Posteriormente, se le recomienda los temas que necesita revisar, y permite tomar el examen diagnóstico nuevamente. Con esto, se actualizaría de nuevo la base de datos.

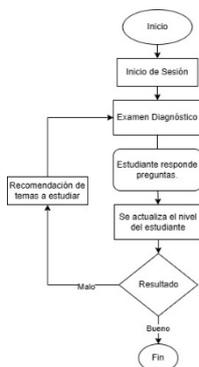


Figura 2. Diagrama de flujo del sistema. Fuente: Elaboración propia.

3.2 Contenido

Para desarrollar el contenido del sistema se tomó como base el temario de la Olimpiada Internacional de Informática [9] debido a que es un concurso enfocado a alumnos de secundaria y preparatoria, por lo que el rango de temas va desde principiantes hasta temas más avanzados. Aunado a esto, por ser un concurso establecido, existe mucho material de apoyo como los problemas de concursos anteriores.

3.3 Modelo CER

Se utilizó el modelo concepto-efecto [10] para realizar una ponderación sobre la interdependencia de los temas. Se definieron los temas atómicos y después se definió un prerrequisito como un tema esencial para entender uno más complejo. Se debe cumplir que un tema Ta es prerrequisito de un tema Tb si no existe un tercer tema Tc, de tal forma que Ta es prerrequisito de Tc y Tc sea prerrequisito de Tb. Una vez hecho esto, se definió el nivel de interdependencia como $1/N$ donde N es el número de prerrequisitos de un tema.

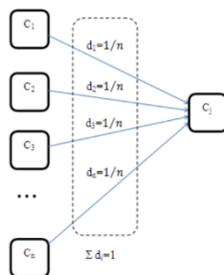


Figura 3. Ponderación de temas. Fuente [7]

3.4 Examen Diagnóstico

Para el examen diagnóstico se buscaba que éste fuera adaptativo y conciso al mismo tiempo. Un examen adaptativo es aquel que se va adaptando al nivel de habilidad del usuario. Una de las ventajas que tienen los exámenes adaptativos es que generalmente requieren de menos preguntas para llegar a puntajes igualmente precisos que un examen de opción múltiple [11]. Para esto se decidió asignar un nivel de dificultad a cada pregunta; si la responde correctamente la siguiente pregunta será de un nivel mayor y si la responde de forma incorrecta será de un nivel menor.

3.5 Base de Datos

La base de datos contiene diferentes tablas en donde se guarda información sobre las preguntas y respuestas del examen diagnóstico, los diferentes temas que se enseñan, y los diferentes usuarios del sistema junto con el nivel que tienen en cada tema. Además, se tiene una tabla con una lista de problemas de programación competitiva.

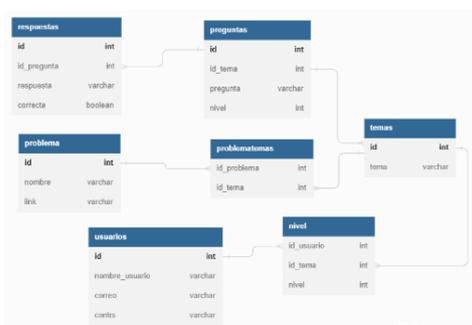


Figura 4. Diagrama de base de datos. Fuente: Elaboración propia.

3.6 Implementación

Por último, la implementación del sistema se realiza en una aplicación web, esto permite que un mayor número de personas accedan a ella. Para esto se utilizó el entorno de .NET Core, junto con SQL Server 2019 y SQL Server Management Studio.

4 Resultados

En esta sección se muestran los resultados de realizar diferentes pruebas al sistema de aprendizaje. En particular, se tenía dos objetivos principales con estas pruebas.

1. Probar el correcto funcionamiento del sistema y verificar que éste fuera intuitivo.
2. Validar que el sistema de diagnóstico estuviera dando los resultados correctos.

Para estas pruebas se utilizó un grupo reducido de personas, pero que tuvieran diferentes niveles de programación que representarían los diferentes usuarios del sistema (ver Figura 5). Estas pruebas se realizaron de manera presencial o individualmente a través de plataformas de videoconferencia, puesto que esto permite interactuar con el usuario, observar el lenguaje corporal, los gestos y las señales no verbales del usuario [12].



Figura 5. Nivel de experiencia de los entrevistados

Sobre la interfaz del sistema los estudiantes consideraban que el sistema era fácil de utilizar, sin embargo, existían ciertas dificultades en la interfaz, lo que se cambió para la siguiente fase de las pruebas. Sobre el examen diagnóstico todos los entrevistados coincidieron en que el examen fue certero para determinar su nivel en los diferentes temas evaluados.

Una vez que utilizaron los diferentes elementos del sistema, se les preguntó acerca de su experiencia utilizándolo. Todos los encuestados consideraron que el sistema era útil para la enseñanza de la programación

competitiva debido a que enseña los temas fundamentales de programación competitiva, temas importantes dentro de la carrera de computación, provee de un punto de partida y, por último, que hubiera diferentes materiales de enseñanza.

Por último, se les preguntó cuáles de los elementos del sistema consideraban útiles para su aprendizaje, y en qué medida. La mayoría de los encuestados prefirieron fue el banco de problemas, que les permitía filtrar los problemas que se encontraban en la base de datos basados en los resultados de su examen diagnóstico (ver Figura 6).

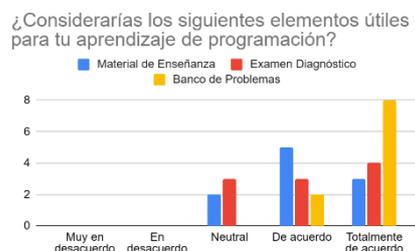


Figura 6. Elementos del sistema que apoyan su aprendizaje

5 Conclusiones

El sistema permite que un alumno pueda desarrollar la habilidad de pensamiento computacional a través de la enseñanza de programación competitiva. Se muestra que el sistema es capaz de apoyar el aprendizaje al identificar correctamente el nivel de un estudiante a través del examen diagnóstico. Además de esto, el sistema contiene diversos elementos, como el banco de problemas, que permiten que los alumnos se adentren dentro de la programación competitiva. La importancia de la participación en la programación competitiva recae en que es una forma de mejorar las habilidades de pensamiento computacional, pues en ésta se alienta a los usuarios a resolver diversos problemas computacionales utilizando un conjunto diverso de herramientas a su disposición, como la inteligencia y creatividad humana.

Por último, cabe recalcar que proyectos como el que se describió tiene muchas aplicaciones y áreas de mejora. Algunas de estas incluyen agregar una interfaz de experto, incorporar un juez virtual e incorporar otros elementos para la mejora del aprendizaje como los estilos de aprendizaje.

Referencias

- [1] J. M. Wing, "Computational Thinking Benefits Society," *40th Anniversary Blog of Social Issues in Computing*, 2014.
- [2] J. M. Wing, "Computational Thinking," *Communications of the ACM*, vol. 49, no. 3, pp. 33-35, 2006.
- [3] Wikipedia, "Competitive Programming," Wikipedia, [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Competitive_programming. [Accessed 23 Enero 2023].
- [4] S. Liao, "Expert system methodologies and applications—a decade review from 1995 to 2004," *Expert systems with applications*, vol. 28, no. 1, pp. 93-103, 2005.
- [5] G. Hwang, H. Sung, S. Chang and X. Huang, "A fuzzy expert system-based adaptive learning approach to improving students' learning performances by considering affective and cognitive factors," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 1, 2020.
- [6] O. Daramola, O. Emebo, I. Afolabi and C. Ayo, "Implementation of an Intelligent Course Advisory Expert System," *International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence*, vol. 3, no. 5, pp. 6-12, 2014.
- [7] L. Salekhova, A. Nurgaliev, R. Zaripova and N. Khakimullina, "The Principles of Designing an Expert System in Teaching Mathematics," *Universal Journal of Education Research*, vol. 1, no. 2, pp. 42-47, 2013.
- [8] M. E. Cabello Espinosa, *Arquitectura de pizarrón de un sistema experto ilustrada con el diagnóstico médico*, Colima: En buen plan, 2018.

- [9] "ioinformatics.org," 2020. [Online]. Available: <https://ioinformatics.org/files/ioi-syllabus-2020.pdf>. [Accessed Agosto 2022].
- [10] P. Panjaburees, W. Triampo, G.-J. Hwang, M. Chuedoung and D. Triampo, "Development of a diagnostic and remedial learning system based on an enhanced concept–effect model," *Innovations in Education and Teaching International*, vol. 50, no. 1, pp. 72-84, 2013.
- [11] D. J. Weiss and G. G. Kingsbury, "Application of Computerized Adaptive Testing to Educational Problems," *Journal of Educational Measurement*, vol. 21, no. 4, pp. 361-375, 1984.
- [12] Sumeet, "Remote vs. in-person usability testing in 2 minutes," UX Planet, 07 Noviembre 2020. [Online]. Available: <https://uxplanet.org/remote-vs-in-person-usability-testing-in-2-minutes-9b6c13555c3b>. [Accessed 13 Enero 2023].