

Método metaheurístico para el proceso de asignación de aulas, asignaturas y docentes para una identidad universitaria

Metaheuristic method for the process of assigning classrooms, subjects and teachers for a university entity

Hilario Aradiel Castañeda¹

Resumen

La presente investigación determina un modelo metaheurístico para el proceso de asignación de aulas, asignaturas y docentes para la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas, de la Universidad Nacional del Callao en el año 2017. La investigación comprendió a la totalidad de docentes y estudiantes de la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas.

Se aplicó el modelo hipotético deductivo explicativo por el que se establece que el modelo metaheurístico tiene una estructura general aplicable a cualquier institución educativa incluyendo el tratamiento cuali-cuantitativo.

Utilizamos el diseño de un modelo Metaheurístico validado por la construcción de un software en el año 2017.

El método arrojó la existencia de un Sistema Automatizado para procesar la carga horaria en el periodo 2017-II. Siendo relevante, la satisfacción de los docentes y alumnos con sus horarios

Palabras Claves: modelo Metaheurístico, horario académico, Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas.

Abstract

The present investigation a model determines metaheuristic for the process of assignment of classroom, subjects and teachers for the professional school of systems engineering, of the Universidad Nacional del Callao in the year 2017. The investigation understood the totality of teachers and students of Faculty of Industrial engineering and of Systems.

There applied himself the hypothetical deductive explanatory model by whom after establishing a hypothesis the corresponding conclusion was achieved including the cuali-quantitative treatment.

We use the design of a model Metaheurístico validated by the construction of a software in the year 2017.

The method threw the existence of a System Automated to process the hourly load in the period 2017-II. Being relevant, the satisfaction of the teachers and pupils with his schedules.

Key words. Metaheuristic model, academic schedule, Faculty of Industrial Engineering.

¹ Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Av. Juan Pablo II 306-308, Callao, Perú.

Resumen

La palabra metaheurística deriva del griego meta que significa más allá y heurística que es encontrar descubrir, inventar, por lo tanto, se refiere a un método cuya misión es resolver problemas computacionales de tipo general, a partir de variables planteadas por el usuario y es aplicable generalmente cuando no hay una solución conocida o no es posible de implementarla (1). La metaheurística fue introducido en el lenguaje de la programación por Fred Glover en 1986 (2). En todas las instituciones de educación superior existe la necesidad de asignar y coordinar los recursos económicos, materiales y humanos de forma óptima; asimismo, en cada inicio de periodo educativo se presenta la necesidad de organizar y distribuir los horarios de clases de los docentes y alumnos de tal forma que se satisfagan ciertos factores de restricción que complica su realización manual.

El problema central es la asignación de horarios que a menudo es muy tedioso y consumidor de tiempo. No obstante, su complejidad, éste puede plantearse como un problema de optimización combinatorio, multidimensional, no euclidiano, con múltiples restricciones y por lo tanto difícil de resolver (3)

Según Werra (4) describe un sistema de horarios académicos que usa una formulación de red con restricciones laterales. Sin embargo, ya que no garantizaba una solución entera natural, inventan un método heurístico que resuelve el problema de empaquetamiento de rutas de red. El usuario obtiene una serie de herramientas heurísticas para mejorar la solución final.

En 1995, Sampson, Freeland y Weiss (5), describen un sistema de programación de cursos implementado en la Escuela de Graduados Darden de Administración de Negocios. El modelo planteado es que ellos construyen un horario después que un estudiante se inscribe para las clases. Con la finalidad de maximizar la satisfacción del estudiante, el sistema permite

restricciones de tamaño de clase, de instalaciones, y preferencias de tiempo de Facultad. Ellos resuelven el modelo usando un procedimiento heurístico que admite realimentación interactiva.

En 1994, Ferland y Fleurant (6), presentan un sistema de soporte de decisiones llamado SAPHIR que está siendo usado en dos universidades canadienses: Montreal y Sherbrooke. SAPHIR incluye varios procedimientos de mejora heurística que producen soluciones mejoradas para un problema dado, así como un procedimiento de optimización automática para generar un horario desde el principio. El sistema resuelve la agrupación, así como el problema de elaboración de horarios, y es altamente interactivo y permite al usuario cambiar muchos de los parámetros de entrada, para obtener un horario diferente.

Para modelar el proceso evolutivo de la programación horaria mediante un algoritmo genético, se requiere: (1) codificar el espacio de soluciones, (2) definir una función de aptitud, y (3) establecer unos operadores que afecten a las estructuras de los individuos (selección, cruce, mutación, etc.). El proceso de codificación, representa uno de los puntos que determina la eficiencia del algoritmo. El algoritmo genético necesita una función de aptitud (también denominada, de capacidad, de potencial, de bondad, o de idoneidad) que asigne una valoración a los cromosomas. La definición de la función de aptitud debe considerarse cuidadosamente; ya que si se define mal o de forma inexacta, puede que el algoritmo genético sea incapaz de encontrar una solución al problema, o acabar resolviendo un problema equivocado, o por lo menos distinto.

Si se conocen las ventajas y desventajas del método tradicional y del método metaheurístico y su relación demora en el tiempo de la asignación de aulas, horarios y docentes, se podrá eliminar dichas demoras y difundir las ventajas del método metaheurístico frente al

método tradicional. Apartir de esto, nuestro objetivo es conocer las técnicas de didáctica universitaria en la determinación de horarios, de aulas y la designación de profesores, de modo que se pueda determinar las causas de la demora en el tiempo de asignación de horarios y las mejoras que el método metaheurístico puede determinar en su comparación con el método tradicional en la ejecución de estos aspectos.

Material y método

La investigación se sustenta en un modelo metaheurístico, específicamente en un algoritmo genético, este algoritmo se basa en la evolución biológica y su base genético-molecular, siendo uno de los elementos principales el cromosoma que codifica la información en una cadena generalmente binaria.

Se desea probar una hipótesis sobre las diferencias entre los resultados logrados por dos modelos (método tradicional y el método metaheurístico), cada uno con un procedimiento distinto aplicado con o sin computadora, se elige un diseño de dos entidades diferentes y sin pre-test.

El paradigma planteado se muestra en la Tabla 1

Tabla 1. Paradigmas de la variable independiente

Variable Independiente	Asignación	Pre-test	Tratamiento	Pos-test
Experimental (Método Metaheurístico)	Grupo intacto	-	X	Te
Control (Método tradicional)	Grupo intacto	-	-	Tc

Fuente: elaboración propia.

Donde:

X : Tratamiento experimental con la incorporación del programa de asignación de horarios (Visual C++) al método metaheurístico.

Tc y Te : Prueba T aplicada al método de control y al método experimental.

La población objeto de estudio estuvo conformada por los docentes y alumnos de la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad Nacional del Callao, evaluado en el año 2017. Siendo la muestra el método de estudio que podría aplicarse a cualquier universidad, en esta investigación se orientó a los docentes y alumnos de la Escuela Profesional de Sistemas de la FIIS, de la Universidad Nacional del Callao. Según su enfoque, desde el punto de vista del análisis de la información, la metodología utilizada en el desarrollo de esta investigación es de tipo cuantitativo-deductivo, donde la obtención de resultados apoyados en escalas numéricas, permitirá observar directamente el comportamiento de los elementos del proceso de asignación de horarios entre dos métodos diferentes: el metaheurístico y el tradicional.

Por otro lado, las técnicas o procedimientos utilizados en la obtención de dichos resultados se efectúan de la siguiente manera: la técnica de observación de campo, utilizando como instrumento para recopilar datos de campo al protocolo de observación, actuando como informantes el director de Escuela de Sistemas y el jefe de Departamento, que se utilizó para obtener los datos de los dominios de las variables método tradicional y el método metaheurístico.

La recolección de los datos del proceso de asignación de horarios de la presente investigación, se llevó a cabo a través del diseño de un instrumento que es elaborado por el propio investigador, este instrumento es un modelo metaheurístico, específicamente un algoritmo genético que permita la asignación de horarios, es desarrollo e implementado en el software, Este algoritmo genético automatizado se encargó de generar la información de cada una de las generaciones y se almaceno en un archivo de texto, esto, durante dos periodos de tiempo diferentes (t_1 y t_2), estableciendo el número de generaciones de medición de cada uno de los objetos que conforman estos parámetros de performance del método para su posterior evaluación.

Nos centraremos en el uso de las técnicas estadísticas para el análisis del comportamiento de los parámetros del algoritmo evolutivo. Se usó el Test no paramétricas para el análisis de los resultados. Con ayuda de la herramienta SPSS y aplicando el test Kolmogorov-Smirnov se verificará que las muestras generadas, siguen una distribución normal.

Resultados

En esta sección se muestra el análisis de las variables a analizar el método tradicional y el método metaheurístico, derivándose como parámetros de performance, la calidad de la solución expresada en la eficacia del método metaheurístico y el tiempo de procesamiento, tabla 2 y 3.

En la tabla 2 muestra las diferentes soluciones generadas heurísticamente por el modelo metaheurístico cuando su función objetivo llega a 1.

Tabla 2. tiempos de asignación y número de iteraciones

Muestras	Número de iteración por cada función evaluación	Tiempo Promedio (mili-seg)
1	18	195
2	26	297
3	13	105
4	18	202
5	17	89

Fuente: elaboración propia

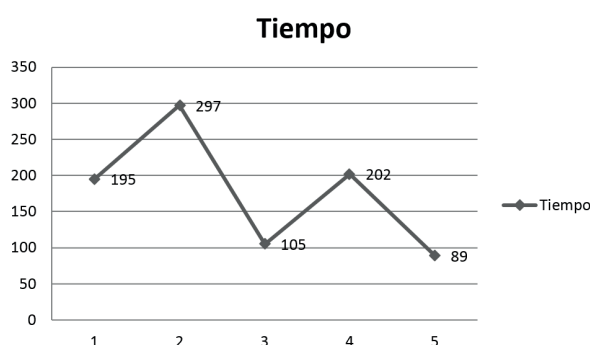


Figura 1. Tiempo de cada función de evaluación expresado en milisegundos por cada muestra

En la tabla 2, podemos observar que el tiempo de cálculo se reduce considerablemente, en comparación con el método tradicional.

Análisis e interpretación de los cuadros

Tabla 3. características de los métodos Tradicional- Metaheurístico

Método metaheurístico	Método tradicional
•Automatizado •Nivel cálculo es alto •Alta transaccionalidad •Exacta: carece de errores •Flexible: útil para muchos propósitos •Confiable: La información confiable dependerá de algunos factores; por ej.: del método de recolección de datos o de la fuente de información •Verificable: posibilidad que la información es correcta •Accesible: de fácil acceso a los usuarios •Económica: Los responsables de la toma de decisiones siempre deben evaluar el valor de la información con el costo de producirla.	•Manual •La complejidad es alta •Prueba -error •engorroso

La simulación del método metaheurístico, permitió determinar las características como son: la flexibilidad, confiabilidad, comprobabilidad, accesibilidad y exactitud de la información. El método tradicional (manual) es muy engorroso y tedioso para la elaboración de la programación horaria.

Los parámetros de performance son: tiempo de procesamiento y calidad de la solución.

A. Tiempo de asignación

El tiempo de asignación o de procesamiento, está dado en función del costo de ejecución del algoritmo genético en cada generación. El valor del coeficiente de costo será determinado por la mejor calidad de la solución.

- Rendimiento (Throughput): especifica cuántas generaciones del método metaheurístico, son ejecutadas durante un período de tiempo. El throughput es medido después de terminada la ejecución de función de bondad global de cada

generación. Se expresa en segundos o milisegundos.

B. Precisión de la calidad de la solución

Precisión es la medida de la calidad de la solución, si se mide por la eficacia de la función de aptitud o función objetivo globales de cada generación y puede ser expresada en términos de porcentaje, que compara con cada función objetivo logrado de los 102 individuos que se obtiene cuando la función objetivo tiende a uno.

Prueba de la subhipotesis

Como podemos ver las tablas 2 y 3 se determina que el método metaheurístico es mejor que el método tradicional específicamente sus parámetros de performance más críticos, el tiempo y la calidad de la solución que se mide por la eficacia del método.

- Calidad de la solución

Esta dado por el comportamiento de una muestra (la muestra-01 tiene 18 generaciones) como la función de evaluación se va comportando. Tomaremos las generaciones 01, 16 y 18. Ver figuras 2,3 y 4

Anova de un factor

Frecuencia	Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	383,015	4	95,754	0,616	0,652
Intra-grupos	12277,687	79	155,414		
Total	12660,702	83			

El sig. de la prueba Anova de un factor es: 0.652 el cual es mayor que 0.05 propuesta con un 95% de confianza, aceptamos la hipótesis nula y “No existen diferencias, estadísticamente significativas, entre las medias aritméticas de los puntajes obtenidos en el factor evolución de mejora de los choques o cruces de horarios cuando avanza las iteraciones en la función objetivo en cada una de las generaciones”.

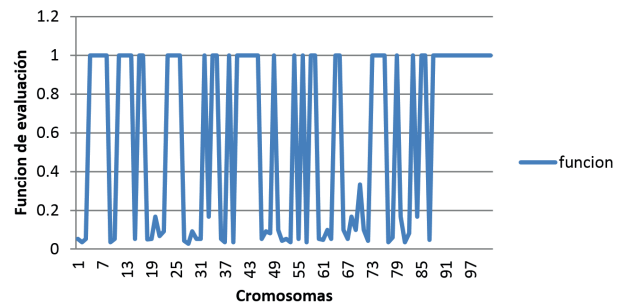


Figura 2. Generación 01, muestra comportamiento de función de evaluación vs. cromosomas

Como se observa en la figura 2 la función de evaluación tiene un comportamiento en forma de zip-zap.

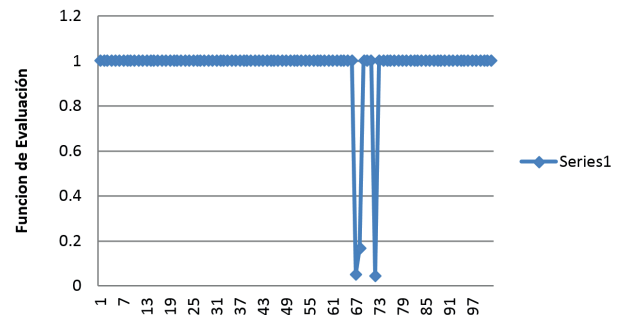


Figura 3. Generación 16 muestra el comportamiento de función de evaluación vs. cromosomas

Se observa que la función de evaluación se va estabilizando con una tendencia a “1”.

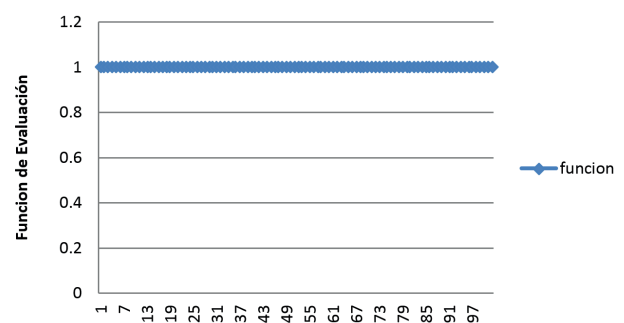


Figura 4. Generación 18 muestra el comportamiento de la función de evaluación vs. cromosomas

En la figura 4 la función de evaluación se estabilizó en “1”, llegando a su punto óptimo de 1. La calidad de la solución se mide por la eficacia de la función objetivo. Para calcular le eficacia del método metaheurístico, se analiza la correlación de la influencia del número de

iteraciones que realiza el algoritmo genético, con respecto al número de cromosomas que han sido necesarios para llegar a la optimización (es decir, para solucionar los choques). La función objetivo mejora en forma creciente hasta llegar a un valor máximo de 1.

Discusión

El modelo metaheurístico empleado en la Universidad Nacional del Callao es un caso particular del modelo, debido a que cada Universidad maneja sus propias reglas de negocio, el aporte de este modelo es que tiene una estructura general aplicable a cualquier institución educativa.

Dentro de los trabajos futuros, que pueden ser desarrollados a partir de esta investigación podemos mencionar:

- Cada universidad maneja sus propias reglas de negocios. La investigación realizada sirve como prototipo para que otras universidades puedan tomar como referencia y a partir de allí construir su propio sistema.
- Las líneas de investigación actual y futura se concentran en completar el estudio sobre el efecto de los operadores de cruce sobre el AG, incluyendo los operadores de cruce adaptativos, no analizados en este trabajo. Estos operadores tienen como idea básica aprender características del problema para mejorar la calidad de los resultados y la propia técnica del cruce. Este camino se presenta como prometedor para mejorar la calidad de los resultados obtenidos.

Como se comprobó la facilidad de generar horarios de manera automática, se propone la exploración de otras ramas y técnicas de la computación (redes neuronales, búsquedas tabú, grafos coloreados, colonia de hormigas, etc.) para comparar el rendimiento, el esfuerzo, etc., y así poder determinar qué técnicas son mejores para resolver el problema de generación de horarios.

Referencias bibliográficas

1. G. E. R. y L. F. Moreno, «Modelo para la asignación de recursos académicos en instituciones educativas utilizando la técnica metaheurística, búsqueda tabú.,» *Revista Avances en Sistemas e Informatica*, vol. 8, nº 3, pp. 11-125, 2011.
2. M. B. M. P.J., «Metaheurísticas: una vision global.,» *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, nº 19, pp. 7-28, 2003.
3. S. M. y G. F. ELMOHAMED, «A comparison of Annealing Techniques for Academic Course Scheduling. Practice and Theory of Automated Timetabling II.,» *Selected Papers from the 2nd International Conference*, 1997.
4. D. De Werra, «Una introducción para Horarios.,» *Diario Europeo de Investigación de Operaciones (Países Bajos)*, vol. 19, nº 2, pp. 151-162, 1985.
5. J. R. F. N. W. Scott E. Sampson, «Class Scheduling to Maximize Participant Satisfaction.,» *Interfases*, vol. 25, pp. 30-40, June 1, 1995.
6. J. y F. C. Ferland, «“Saphir: Un sistema de apoyo de decisiones para itinerarios de cursos”,» *interfases*, vol. 24, nº 2, pp. 105-115, 1994.