

Universidad de las Ciencias Informáticas
Facultad Regional Granma



Título: Algoritmos genéticos aplicados a problemas de planificación

Autora: Katia Maria Cobas Friman

Manzanillo, Septiembre 2012

Resumen

Elaborar un horario es un proceso por el que atraviesa constantemente cualquier institución que necesite organizar un cronograma de trabajo o eventos; en el ámbito docente organiza un conjunto de actividades destinadas al eficaz aprendizaje de los estudiantes. En la Facultad Regional Granma de la Universidad de las Ciencias Informáticas esta tarea se realiza de forma manual, haciendo engorrosa y difícil la labor del planificador debido a los múltiples conflictos al asignar y coordinar las actividades, es por ello que surge la necesidad de automatizar el proceso. Los algoritmos genéticos como técnica de búsqueda y optimización han sido utilizados en este contexto.

La presente investigación tiene como objetivo el desarrollo de un sistema para la generación automática de horarios con una base científica y metodológica, contribuyendo de esta forma a minimizar el tiempo y contribuir a la planificación docente de la Facultad. Primeramente se realiza un estudio de las principales investigaciones relacionadas con la planificación de horarios docentes, identificando los tipos de restricciones a considerar para una planificación eficaz. Adicionalmente, la búsqueda de sistemas similares para la generación automática de dichos horarios se centra en el uso de algoritmos genéticos. También son analizadas metodologías de desarrollo de software, herramientas y lenguajes para garantizar la calidad del sistema propuesto. Para validar el funcionamiento de la propuesta de software se define una estrategia de prueba acorde con los requerimientos de la metodología de desarrollo utilizada.

Palabras clave: planificación de horarios, timetabling, algoritmo genético.

Abstract

Developing a schedule is a process that is constantly present in any institution that needs to organize a work schedule or event, organized in teaching a set of activities aimed at an effective student learning. In Granma Regional School of the University of Informatics Sciences this task is performed manually, making it cumbersome and difficult the task of the scheduler due to the multiple conflicts in allocating and coordinating the activities, which is why there is a need to automate the process. Genetic algorithms as optimization search technique have been used in this context.

This research aims to develop a system for automatically generating schedules with a scientific and methodological basis, thus helping to minimize the time and contribute to the educational planning at the School. Firstly, a study of the major research related to planning class schedules is done, identifying the types of constraints to consider for an effective planning. Additionally, the search of similar systems for automatic generation of such schedules is focused on using genetic algorithms. There are also tested software development methodologies, tools and languages to ensure the quality of the proposed system. To validate the operation of the proposed software, it is defined a test strategy according to the requirements of the development methodology used.

Keywords: schedule planning, timetabling, genetic algorithm.

Introducción

En la solución a diferentes situaciones y problemas organizativos a los que se ha enfrentado el hombre, ha sido de especial importancia su capacidad para planificar las actividades. Se entiende planificación como el proceso consciente de selección y desarrollo del mejor curso de acción, para lograr el objetivo propuesto. Implica conocer el objetivo, evaluar la situación, considerar diferentes acciones que puedan realizarse y escoger la mejor. [1]

Dentro de los diferentes tipos de planificación se encuentra la docente, la cual organiza un conjunto de actividades destinadas al eficaz aprendizaje de los estudiantes, tratando siempre de lograr el óptimo uso de los recursos disponibles, tanto locales como profesores en un marco de tiempo adecuado. En la Educación Superior en Cuba dentro de la planificación docente se desarrollan diferentes procesos, entre ellos la generación de horarios, donde se requiere de una distribución apropiada de las diferentes asignaturas por semestres, semanas, días y horas lectivas; teniendo en cuenta elementos clave, entre los que se pueden citar las características de cada grupo de educando, el tipo de enseñanza, la forma de organización de las actividades docentes y las extra-docentes que se efectúan, ya que estos y otros factores afectan directamente la manera en que han de ser distribuidas las materias a lo largo de la formación del profesional. [2]

Diferentes investigadores han desarrollado algoritmos para resolver problemas de planificación automática, con el propósito de que el sistema encuentre por sí solo una secuencia ordenada de acciones, que permita alcanzar un objetivo a partir de una situación y recursos iniciales. [3]

Existen muchas técnicas para resolver problemas de planificación, entre ellas los algoritmos genéticos, los cuales imitan la evolución biológica como método de solución. Estos pueden utilizarse cuando no es factible la aplicación de algoritmos de búsqueda a ciegas, debido al tamaño del espacio de búsqueda, como en la generación automática de horarios docentes.

En la Facultad Regional Granma de la Universidad de las Ciencias Informáticas, el proceso de planificación del horario docente se realiza de forma manual, lo cual presenta un conflicto al asignar y coordinar los recursos económicos, materiales y humanos en beneficio de los estudiantes; además de las repetidas modificaciones que sufre habitualmente dicho horario. Esta situación trae consigo una engorrosa labor en la planificación docente en la Facultad, debido a los errores humanos que se puedan cometer.

Desarrollo

Planificación Automática

La inteligencia artificial es considerada una rama de la computación, que relaciona un fenómeno natural con una analogía artificial a través de programas de computador. Puede ser tomada como ciencia si se enfoca hacia la elaboración de programas, basados en comparaciones con la eficiencia del hombre, contribuyendo a un mayor entendimiento del conocimiento humano [4]. La planificación automática, como disciplina de la inteligencia artificial, parte de un estado inicial en el cual se trazan un conjunto de metas, para generar un plan que permite obtener los objetivos propuestos.

Los sistemas de planificación automática se han aplicado a muchos problemas del mundo real, como por ejemplo al transporte multimodal de mercancías. Así, García, de la Rosa y Borrajo (2011) proporcionan como datos las posiciones de los camiones, así como los horarios de barcos y trenes de transporte, junto a las características de los pedidos de los clientes (situación de contenedores, ruta, tipo de mercancía), para decidir qué camión y contenedor debe realizar cada servicio, el orden de reparto y, si hiciera falta, cambiar el método de transporte (camión, tren y barco).

Otro ejemplo que muestra la amplia gama de aplicaciones es en el uso de los robots rovers Spirit y Opportunity en un viaje al planeta Marte. Los operadores de estos vehículos robotizados utilizaban un planificador para crear los planes (movimientos, tomas de muestras y fotos), teniendo en cuenta las restricciones de funcionamiento. [3]

Específicamente, en la presente investigación se estudian algunas de estas técnicas de planificación automática para la generación de horarios docentes.

Planificación Automática de Horarios Docentes

Actualmente las instituciones docentes presentan dificultades para resolver problemas de planificación. La complejidad de este proceso radica en las restricciones y cantidad de recursos docentes. Este problema es conocido con el nombre de *timetabling*, que consiste en la asignación de entidades o recursos dentro de un número limitado de períodos de tiempo; es utilizado en distintas áreas para regular diferentes operaciones, donde sea necesaria la ubicación de un recurso en un sitio determinado y en una hora específica.

Los principales elementos del problema son los siguientes [5]:

- Diferentes asignaturas, las cuales tienen una cantidad de horas semanales que pueden impartirse en una o varias secciones durante la semana.
- Los grupos que han de corresponder a un conjunto estable de estudiantes y no han de tener incompatibilidades horarias.
- Un conjunto de profesores.

- Diversos locales que pueden ser de diferentes tipos según el uso al que se dediquen (aulas o laboratorios), con una capacidad máxima.
- Disímiles actividades que son la concurrencia de un grupo de estudiantes, que reciben una determinada asignatura en un local, en presencia o no de un profesor.

La solución a estos problemas consiste en encontrar la mejor ubicación espacio-tiempo para las actividades, atendiendo a las distintas restricciones que condicionan su acomodo.

Factores y Elementos del Problema de Asignación de Horarios

La primera función administrativa que sirve de base para muchas funciones es la planificación. Comienza por establecer los objetivos y detallar los planes necesarios para alcanzarlos de la mejor manera posible. En la esfera de la educación se encarga de organizar el proceso de enseñanza. El problema de asignación de horario está presente en muchas esferas de la vida, se utiliza en la educación, eventos deportivos, aeropuertos, entre otras. Este se define como la búsqueda de una secuencia fija de encuentros en locales, entre distintos individuos en un determinado período de tiempo, satisfaciendo un conjunto de restricciones que determinan si un horario es mejor que otro y varían considerablemente dependiendo de los requerimientos específicos de cada institución.

Larrosa y Meseguer (2003) define el término restricciones como condiciones que debe satisfacer el horario generado y las clasifica en dos tipos: obligatorias y deseables. Las restricciones obligatorias, son propiedades especiales o temporales. Toda restricción obligatoria debe cumplirse, la violación de alguna origina un horario no válido. Las restricciones deseables denotan preferencias del usuario (políticas flexibles) y se desea que se cumplan en la medida de lo posible. La violación de algunas de ellas seguirá produciendo un horario válido, pero de menor calidad que si se cumplieran todas estas.

Desafortunadamente, Larrosa y Meseguer (2003) no mencionan ejemplos concretos de estos tipos de restricciones. Por ejemplo, en la Facultad Regional Granma se pueden mencionar como restricciones obligatorias aplicadas al problema del *timetabling* que dos elementos del mismo tipo no pueden coincidir en un mismo tiempo, espacio y lugar, excepto dos o más grupos que pertenezcan a una misma actividad; las restricciones deseables serían el equilibrio de los tipos de actividades docentes (exámenes, conferencias, clases prácticas, seminarios, laboratorios) y utilizar las horas de la tarde para actividades prácticas, de auto preparación y extra docentes.

Para encontrar la solución a este tipo de problema se han usado los algoritmos evolutivos, entre los que se encuentran los algoritmos genéticos.

Algoritmos Genéticos

Existen problemas de optimización del mundo real (como los problemas de planificación)

donde no es factible aplicar métodos matemáticos estrictos para resolverlos, debido a que el espacio de búsqueda es muy grande. La optimización es el proceso de encontrar la mejor solución posible. En un problema de este tipo existen diferentes soluciones y un criterio para discriminar entre ellas. De forma más precisa, se pueden expresar como la búsqueda del valor de unas variables de decisión, para los que una determinada función objetivo alcanza su valor máximo o mínimo, que en ocasiones está sujeto a restricciones [6]. Uno de los enfoques más exitosos para resolver los problemas de optimización de este tipo es el uso de algoritmos genéticos.

Definición y Componentes básicos

Estos son métodos adaptativos que pueden usarse para resolver problemas de búsqueda y optimización, están basados en el proceso genético de los organismos vivos. A lo largo de las generaciones, las poblaciones evolucionan en la naturaleza acorde con los principios de la selección natural y la supervivencia de los más fuertes. Por imitación de este proceso, los algoritmos genéticos son capaces de ir creando soluciones para problemas del mundo real. La evolución de dichas soluciones hacia valores óptimos del problema depende en buena medida de una adecuada codificación de las mismas y del diseño del algoritmo genético. [7]

La idea básica es generar un conjunto de posibles soluciones (cada una va a ser llamada individuo y puede representarse mediante una cadena de cromosomas); a dicho conjunto se le denomina población. En cada generación las soluciones relativamente buenas se reproducen, mientras las malas se eliminan.

Componentes Básicos

Un algoritmo genético tiene cinco componentes básicos: una representación de la solución, una función objetivo, un conjunto de operadores y una configuración paramétrica de elementos. La representación de las soluciones potenciales del problema, donde el primer paso para que el algoritmo genético pueda empezar a trabajar, es un método para codificar las soluciones potenciales de forma que una computadora pueda procesarlas.

La función objetivo permite clasificar las soluciones en términos de su aptitud. En general, los problemas de optimización tienen una función objetivo, que se quiere minimizar o maximizar. Cada vez que se obtiene una solución se realiza una evaluación de esta, obteniendo un valor numérico que posibilita determinar cuál es mejor.

El conjunto de operadores de evolución alteran la composición de los individuos de la población a través de las generaciones. Una vez que se tienen seleccionados los padres (posibles soluciones) es necesario combinarlos para generar nuevos individuos que sirvan para ir mejorando los rendimientos y a partir de ahí llegar a una solución final. Una

manera de hacer esta reproducción es tomar información de cada uno de los padres y combinarla, es decir, se seleccionan algunos genes de los padres y se mezclan para crear un nuevo cromosoma. A este proceso se le denomina recombinación (cruzamiento o emparejamiento). También se pueden reproducir los cromosomas mediante un proceso llamado mutación, por medio del cual se toma un cromosoma y se modifican algunos de sus genes.

La configuración paramétrica cuenta con los siguientes elementos: el tamaño de la población, probabilidad de cruzamiento, probabilidad de mutación y criterio de parada. El tamaño de la población debe permitir mantener diversidad en los individuos solución, sin sacrificar la eficiencia computacional del mecanismo de búsqueda. El tamaño de esta población depende de varios factores, uno de estos es el tipo de representación que se tiene para los cromosomas. Las probabilidades de aplicación de los operadores evolutivos, definen el balance entre la exploración del espacio de búsqueda y la explotación de buenas soluciones. El criterio de parada puede especificar un esfuerzo prefijado (en número de generaciones) o involucrar aspectos dinámicos de la evolución de la función objetivo.

Características del Sistema Propuesto

FRGTimeTable confecciona el horario para una semana; además, facilita la gestión de todos los datos necesarios para la obtención del mismo; proporcionando la opción de guardar y cargar estos elementos a partir de un archivo de configuración. El sistema brinda la opción de exportar la solución a un fichero de Lenguaje de Marcas Extensible (XML por sus siglas en inglés) para que pueda ser vinculado a otros sistemas en los que se necesite visualizar el horario. Ofrece un manual de ayuda donde se explican las características de la aplicación y los puntos esenciales con los que el usuario debe cumplir para su correcto funcionamiento.

A continuación se muestra una imagen con la ventana principal del sistema.

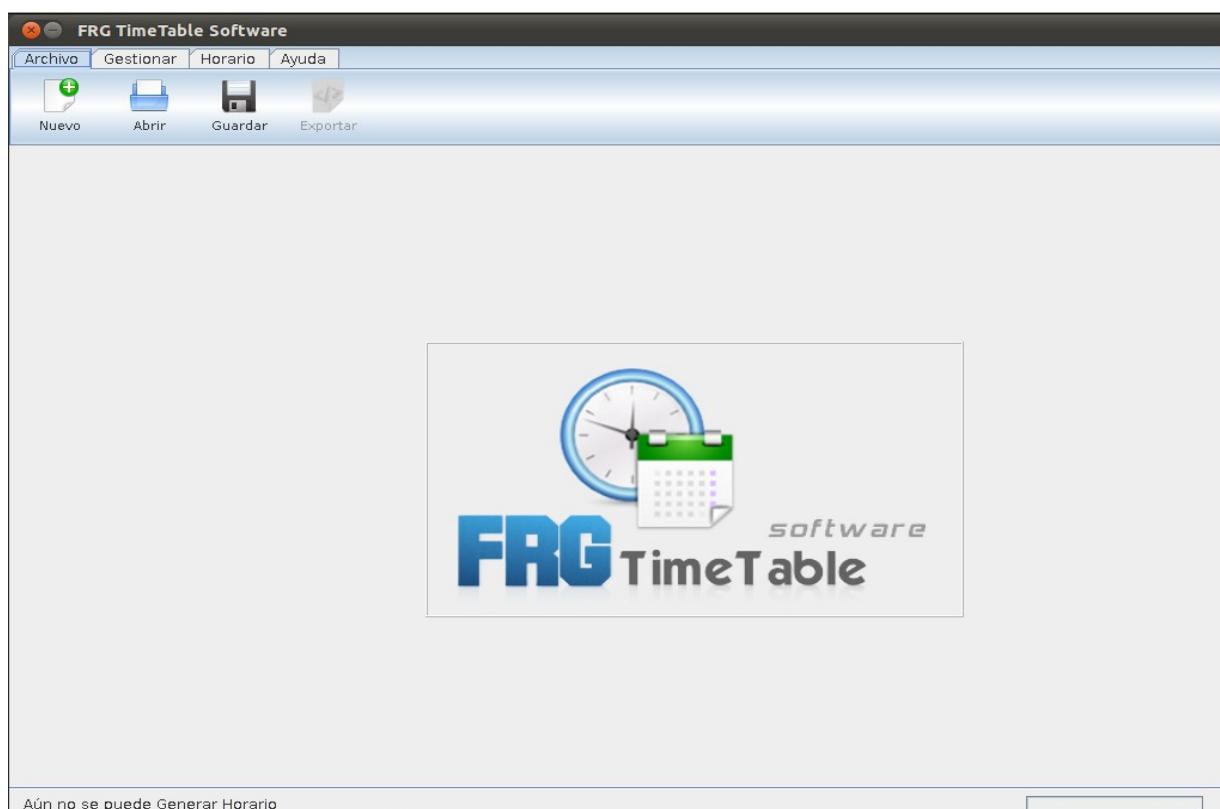


Figura 1.1: Ventana principal de FRGTimeTable.

En las siguientes imágenes se muestran los menús con que cuenta la aplicación para desarrollar todas sus funcionalidades.

Archivo: Ofrece la posibilidad de crear un nuevo horario, guardar la configuración de los elementos para luego poder abrirla, además de exportar el horario de forma tal que pueda ser leído y empleado por otros sistemas.



Figura 1.2: Menú Archivo del sistema.

Gestionar: Permite gestionar todos los elementos del horario, dígame Departamentos, Profesores, Asignaturas, Grupos, Locales, Actividades y las Restricciones que presente.



Figura 1.3: Menú Gestionar del sistema.

Horario: Utilizado para generar o detener la generación del horario, así como configurar

los parámetros del Algoritmo Genético.



Figura 1.4: Menú Horario del sistema.

Ayuda: Se muestra una ayuda general de todas las funcionalidades del programa e información del mismo.

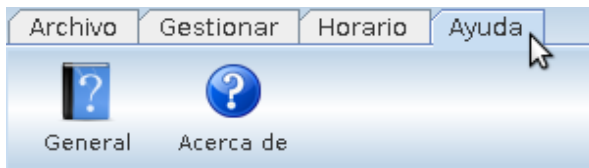


Figura 1.5: Menú Ayuda del sistema.

Una vez generado el horario se visualiza de la siguiente forma: desglosado por aula para cada día de la semana, mostrando en cada casilla el nombre del profesor, de la asignatura, el tipo de actividad y nombre del grupo.

FRG TimeTable Software: /home/eugenio/Documents/frgconfig.fts

Aula	Turno	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
A1	1					
	2					
	3			Fidel IP.C 102		
	4	Ernesto M1.C 202	Fidel IP.S 202	Fidel IP.CP 201		
	5	Ernesto M1.C 201		Ernesto M1.CP 102		
	6					
L1	1	Yamira IP.C 102				
	2					
	3					

Ajuste: 1.0 Generación: 331 Terminado.

Figura 1.6: Ventana que muestra el horario generado.

Lenguajes y Tecnologías Utilizadas

La aplicación fue desarrollada en Entorno de Desarrollo Integrado (IDE en inglés) NetBeans [8], disponible para varios Sistemas Operativos (SO), empenado como lenguaje de programación Java [9]. Puede ser utilizada en los SO Windows y Linux, solo es necesario tener instalada la Máquina Virtual de Java V1.5 o superior, disponer de 128Mb o 64Mb de RAM y 5Mb de espacio en el disco duro para la instalación de la aplicación.

Conclusiones

- Al investigar la situación actual y las tendencias de los sistemas de planificación docente en el mundo, se demostró que ninguno de los existentes supone una solución para la problemática planteada en la Facultad. Además, se analizaron los factores que intervienen en los problemas de asignación de recursos.
- La aplicación realizada permite generar un horario factible y libre de inconsistencias, en un tiempo menor que el necesario al ejecutar esta tarea de forma manual. Además de gestionar los elementos que lo componen y exportar la solución generada, evitando introducir nuevamente todos los datos en cada ejecución del software.
- Se cumple con las exigencias del cliente, arrojando resultados satisfactorios que tributan a la aceptación y aplicación del producto en la Facultad.

Referencia Bibliográfica

1. Jimenez, W. Introducción al estudio de la teoría administrativa. Editorial FCE, Mexico, 1982.
2. Cleger, S. , Perez, Marisol y Rodríguez, F. Alternativa para el proceso de planificación de horarios docentes de una universidad. Ciencias Holguín, Diciembre 2007. Disponible en: <http://www.ciencias.holguin.cu/2007/Diciembre/articulos/ARTI6.htm>.
3. García, A., de la Rosa, T. y Borrajo, D. Using the relaxed plan heuristic to select goals in oversubscription planning problems. Lecture Notes in Computer Science, 7023/201, 2011.
4. Navarrete, P. ¿Qué es la inteligencia artificial?, Abril 2011. Disponible en: <http://blog.espol.edu.ec/fjproano/2011/07/04/%C2%BFque-es-la-inteligencia-artificial/>.
5. Álvarez, R., Crespo, E. y Tamarit, J. Experiencias de utilización del método de búsqueda tabu en la resolución de problemas de organización universitaria. Disponible en: <http://www.uv.es/asepuma/VIII/m06/m6-05.pdf>.
6. Martí, R. Procedimientos metaheurísticos en optimización combinatoria. *Matematiques*, 1(1), 2003.
7. Gil, N. Algoritmos Genéticos. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia, Colombia, 2006.
8. Chaterjee, J. Developing java applications using NetBeans, Mayo 2006. Disponible en: <http://www.devarticles.com/c/a/Java/Developing-Java-Applications-using-NetBeans>.
9. Java, T. Java SE overview - at a glance, 2012. Disponible en: <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/overview/index.html>.
10. Larrosa, J. y Meseguer, P. Restricciones blandas: modelos y algoritmos. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, Otoño(20), 2003.