

Conclusiones y extensiones del Sistema.

Conclusiones.

En el presente proyecto se han analizado los sistemas existentes de asignación de recursos a servicios para posteriormente diseñar un sistema de Rostering, que es plasmado en una aplicación informática. La intención ha sido pues generar un método eficiente, flexible, sencillo y exacto que permita de forma cómoda la asignación de recursos a servicios.

El método propuesto, a diferencia de otros métodos empleados en la actualidad, se ha basado en el uso de un algoritmo exacto para la obtención de la solución final. Esta decisión ha sido motivada teniendo en cuenta la capacidad de computación existente en la actualidad y valorando la importancia de encontrar la solución óptima. Para alcanzar el objetivo fue necesaria una revisión exhaustiva de la literatura donde se estudió los procedimientos empleados en la resolución de la problemática y las aplicaciones informáticas de corte similar más importantes en la actualidad.

La validación del sistema ha sido realizada sobre un caso asociado a una planta de hospital de tamaño mediano, donde los resultados obtenidos son satisfactorios, encontrando soluciones óptimas que cubren la demanda perfectamente cumpliéndose las restricciones laborales de cada trabajador.

Cabe destacar que el sistema desarrollado evoluciona y se adapta sin ningún problema a los diferentes sectores empresariales y servicios, ya sean los recursos, trabajadores ó máquinas, y los servicios, turnos de plantas de hospital, rutas de conducción o zonas de trabajo de una fábrica.

De esta forma, se ha potenciado a lo largo de todo el procedimiento de diseño la construcción de un sistema flexible, exacto y óptimo de asignación de recursos a servicios.

Tras el diseño de la herramienta de Rostering, se pueden extraer las siguientes conclusiones.

- El uso de un modelado de los servicios en forma de turnos permite generalizar la funcionalidad del sistema, de forma que cada uno de los turnos se adapta representando un servicio concreto.
- De igual manera, la asignación de trabajadores o recursos a dichos servicios se puede hacer de forma totalmente general e independiente del servicio en sí, definiendo las restricciones que impone el servicio al trabajador.
- La definición exhaustiva de las restricciones es una parte fundamental para que el funcionamiento del sistema sea sencillo y eficaz. Esto es así porque las restricciones inciden directamente en la generación de patrones, de forma que cuanto mayor sea el número de patrones generados, mayor será el espacio en el que se habrán de encontrar las soluciones.
- En la fase de generación de patrones es preferible seleccionar cuidadosamente los patrones que se van a considerar como válidos. Se puede dar el caso de que un patrón generado cumpla las restricciones y no sea del todo satisfactorio para la empresa o el trabajador. Por este motivo es recomendable realizar una revisión exhaustiva de los patrones generados. Además, esta labor de criba es fundamental para la eficiencia del sistema, pues la eliminación de un patrón reduce de forma muy considerable el árbol de expansión que hay que explorar para hallar la solución óptima.
- Análogamente a las restricciones en la fase de generación de patrones, hay que definir perfectamente las necesidades de recursos para cada servicio, esto es, definir el número de trabajadores necesarios en cada turno a lo largo de los días del horizonte temporal. Dado que las necesidades que se reflejen en la matriz serán cotas mínimas a cumplir por

los patrones válidos y que el algoritmo de búsqueda es del tipo ramifica y acota, es muy importante ajustar al máximo la matriz de necesidades. Este ajuste es recomendable, pues resta libertad al sistema en la búsqueda de la asignación óptima, acotando el espacio de soluciones y, por tanto, minimizando el tiempo empleado en generar la solución.

- Dado que el sistema emplea un algoritmo exacto, los tiempos de asignación de patrones son muy elevados, dando resultados de tiempo muy variables según las restricciones impuestas. Se han realizado pruebas para desarrollar la planificación de una planta de hospital de tamaño mediano y los resultados han variado desde las dos horas de simulación hasta más de siete. Estos resultados han sido hechos para situaciones de planificación de turnos que dan lugar a un espacio de soluciones donde el árbol combinatorio tiene entre $2.222 \cdot 10^6$ y $92.876 \cdot 10^6$ hojas. Esto da a entender que la aplicación mueve con relativa soltura para casos de empresas con una plantilla de alrededor de 16 empleados y 4 turnos al día. No obstante, hay que hacer la salvedad de que no sólo hay que tener en cuenta el tamaño del árbol a explorar, sino también cuánto se restringe el espacio de la solución final. De esta forma, si se restringe lo suficiente, se pueden lograr tiempos razonables para planificaciones mayores y, al contrario, se pueden presentar problemas insalvables para planificaciones menores si la restricción del espacio de soluciones no está suficientemente acotada.

1. Extensiones.

A partir de lo expuesto en los capítulos anteriores se proponen las siguientes mejoras y ampliaciones sobre el sistema de Rostering propuesto en el proyecto fin de carrera.

Desarrollo de una interfaz web.

Dado el carácter generalista y flexible del sistema, el desarrollo de una interfaz web sería una ampliación muy útil a la hora de recoger las preferencias de los trabajadores en cuanto a la asignación de turnos. La interfaz debe contar con un acceso identificado para cada trabajador y desde ella, el empleado puede tener acceso a las planificaciones que le corresponden, solicitud de cambios de turno, días libres y demás incidencias que puedan ser tenidas en cuenta. Esta ampliación dotaría al sistema de un valor añadido, ya que las restricciones impuestas por la empresa o los convenios sindicales se verían complementadas por las preferencias individuales de cada trabajador. La atención de estas preferencias individuales por parte de la empresa conlleva un beneficio directo en cuanto a la mejora de la satisfacción personal de cada uno de sus empleados, hecho que desemboca en un beneficio económico para la compañía.

Además de los beneficios relativos al capital humano, anteriormente se ha resaltado que cuanto más restrictivas son las condiciones de generación de turnos, mayor será la sencillez y velocidad a la hora de realizar la planificación. De esta forma, teniendo en cuenta las preferencias del trabajador se añaden restricciones que acotan el espacio de soluciones, aliviando la carga que debe soportar el sistema de generación de patrones y mejorando su rapidez y funcionalidad.

Adaptación de un módulo de Crew Scheduling.

Como se vio en capítulos anteriores, es fundamental un buen diseño de las jornadas de trabajo. Esto es diseñar de forma correcta los horarios de inicio y fin de cada uno de los turnos considerando los criterios del personal y la empresa.

Este módulo compartiría con el módulo de Rostering los datos relativos a la plantilla, las necesidades de la empresa y las restricciones laborales de cada uno de los trabajadores. Los resultados obtenidos a la salida del módulo serían los turnos con sus horarios perfectamente definidos de forma que se satisficiera las necesidades de personal impuestas en cada momento de

forma equilibrada. Estos turnos optimizados son los que posteriormente tomaría el sistema de Rostering para elaborar la asignación óptima de recursos a patrones.

De nuevo esta ampliación lleva dos tipos de beneficio a la empresa. Uno es el puramente económico, pues una elaboración correcta de turnos conlleva un óptimo aprovechamiento de los recursos y servicios de la empresa. A este beneficio hay que sumar, aparte de lo expuesto, el que supone el tratamiento equilibrado de la carga de trabajo para el empleado, ya que mejora sus condiciones de trabajo y, por tanto, la calidad en el servicio o producto final. Además, con una buena gestión de los turnos, el trabajador se siente cómodo y motivado, pues se logra un reparto equitativo y eficiente del volumen de trabajo.

Mejora de velocidad mediante métodos heurísticos.

Una de las principales características del sistema desarrollado es la obtención de la solución óptima de forma absoluta. Esto no estaría garantizado si no se emplease un algoritmo de optimización combinatoria exacto como es el de ramifica y acota. Por otra parte, el hecho de emplear este tipo de algoritmo conlleva un alto coste de tiempo, pues ha de explorar todo el espacio de soluciones sin excepción.

La propuesta de ampliación con un módulo de heurística no entra en contradicción con lo defendido a lo largo de todo el proyecto del empleo de un algoritmo exacto. Añadiría una funcionalidad al sistema, de forma que se pudiese optar por hallar una solución exacta mediante el desarrollo del algoritmo de ramifica y acota en un plazo de tiempo relativamente largo o una buena solución, en ocasiones exacta, en un tiempo menor.

Esta ampliación toma interés para situaciones de cambio repentinos de las necesidades del sistema que no se han incluido en una planificación previa. Como muestra, se puede suponer el caso en el que un trabajador se da de baja de forma inesperada, no pudiendo cubrirse de forma adecuada las necesidades de la empresa si se mantiene la planificación actual. Puede ser relativamente urgente la replanificación de los horarios, por lo que se optaría como solución rápida y de emergencia el uso del módulo de heurística propuesto para encontrar una solución que palie el problema de forma provisional. Posteriormente, una vez subsanado el problema y con suficiente tiempo para realizar una planificación óptima, se buscaría la solución óptima empleando esta vez el módulo que usa el algoritmo exacto para obtener una nueva planificación definitiva.

Uso de un sistema distribuido.

El principal problema planteado dentro del proyecto es la gran capacidad de cálculo computacional necesaria para la obtención de resultados en problemas que planteen un árbol combinatorio con un gran número de posibles soluciones.

Una opción que se puede tomar para agilizar el proceso, y que supone una extensión del presente proyecto, es el uso de un sistema distribuido para realizar la exploración del árbol combinatorio en busca de la solución óptima. Un sistema distribuido o cluster es un conjunto de computadoras o nodos conectados en red que dan la sensación al usuario de ser una sola computadora. Este sistema une la capacidad de cada computadora en paralelo de forma que en total un usuario final gane potencia de cálculo, pues usará todas ellas. La extensión del proyecto consiste en adaptar el sistema a la plataforma distribuida de tal manera que cada una de las computadoras que forman el cluster ejecuten parte de la aplicación de búsqueda de asignaciones óptimas de modo transparente al usuario. El uso de este tipo de sistemas en esta aplicación reduce el tiempo de generación de planificaciones y amplía la gama de problemas a los que se puede hacer frente, pues se dispone de mayor capacidad computacional.