



Optimización de asignación de recursos físicos usando reglas interpretables de Aprendizaje de Máquinas

G. Lagos Barrios¹, R. Lagos Barrios^{2,3}, I. Vidal Morales¹, C. Beltrán Christiny¹, F. Lagos González¹

[1] Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Adolfo Ibáñez; [2] Escuela de Salud Pública, Universidad de Chile; [3] Servicio de Salud Metropolitano Sur Oriente

Contexto

- Queremos realizar una **programación optimizada** de los **boxes de atención ambulatoria** a médicos y prestaciones.
- Esta asignación se puede resolver como un problema matemático y hay varios algoritmos para hacerlo.
- Sin embargo en la **red de salud pública chilena** es **difícil** que estas soluciones matemáticas y computacionales se implementen exitosamente, por factores como:
 - **Heterogeneidad del personal** que realiza estas asignaciones.
 - **Reticencia al cambio** con el uso de nuevas soluciones tecnológicas.
 - **Falta de capacitación del personal** sobre uso de nuevas tecnologías.
 - **Desconfianza** en softwares tipo "caja negra" que toman decisiones importantes por su cuenta.
 - **Percepción de pérdida de control** en decisiones importantes.

Experimentos

- Realizamos experimentos computacionales en un set de datos de Lagos et al. 2019 con las asignaciones en el **Hospital La Florida, Pasillo Azul**, del mes **octubre 2021**.
- La asignación realizada en la práctica usó **13 boxes** y **68 médicos**.
- En estos datos, nuestro algoritmo entregó que la siguiente secuencia produce una asignación optimizada:
 - 1° Escoge un día al azar, luego escoge médico y especialidad, y asigna todos los bloques posibles en un box compatible
 - 2° Escoge al azar un box disponible en un algún módulo, luego elige una especialidad y médico compatible, y asigna todos los módulos posibles del resto de ese día.
 - 3° Repetir el paso 2° hasta completar todas las asignaciones requeridas.
- Con la asignación producida con esta secuencia, se usan (en promedio) **11 boxes** y **50 profesionales de la salud**.
- La asignación de Lagos et al. 2019 también usó **13 boxes** y **68 médicos**, pero redujo la cantidad de cambios de box por médicos.

Pregunta

Cómo diseñar una política de asignación de boxes que sea fácil de interpretar y modificar por profesionales de la salud sin capacitación especial?

Nuestra solución

Diseñamos un **algoritmo** que genera un **set de reglas sencillas e interpretables** con los que se puede producir una asignación de boxes optimizada.

Algoritmo:

1. Inicialmente definir varias reglas (heurísticas) sencillas para la asignación de boxes
2. Partiendo de una programación vacía, aplicar las reglas anteriores en varias secuencias posibles. Esto se hace eficientemente usando algoritmos de *Markov Hyper-Heuristics* de Keiri (2020) y Lagos y Pereira (2023)
3. Para cada secuencia de reglas, obtener puntaje por indicadores relevantes
4. Entregar la secuencia de reglas con mejor puntaje

Discusión

- Podemos desarrollar algoritmos de optimización que usen **reglas sencillas** que le hagan sentido a los referentes de programación de los **establecimientos de salud pública**.
- Para que una asignación optimizada pueda ser implementadas en la práctica, es crucial que sea **sencilla, interpretable y modificable** por los referentes de programación.

Referencias

1. Lagos, Felipe and Jordi Pereira. "Multi-armed bandit-based hyper-heuristics for combinatorial optimization problems." *European Journal of Operational Research* 312.1 (2024): 70-91.
2. Kheiri, Ahmed. "Heuristic sequence selection for inventory routing problem." *Transportation Science* 54.2 (2020): 302-312.
3. Lagos, René; Guerrero, Rodrigo; Estay, Nicolás; Machado, Diego; Urzúa, Aarón. "Ai-box, asignación óptima de boxes en una red pública de salud." *Proceedings of the XIII Chilean conference on Operations Research (OPTIMA 2019)*. 2019.