

Planificación quirúrgica: revisión de la literatura*

José Manuel Molina Pariente¹, José Manuel Framiñán Torres¹, Pedro Luis González Rodríguez¹, José Luis Andrade Pineda¹

¹ Dpto. de Organización. Escuela Superior de Ingenieros. Universidad de Sevilla. Camino de los Descubrimientos s/n. 41092. Sevilla. jmolinap@esi.us.es , jose@esi.us.es , pedroluis@esi.us.es , jlandrade@esi.us.es

Keywords: revisión, planificación quirúrgica, quirófano

1. Introducción

La realización de intervenciones quirúrgicas en los hospitales es una actividad crucial tanto desde un punto de vista social como económico. Por un lado, mejora la calidad de vida del paciente, mientras que por otro se estima que genera alrededor del 70% de los ingresos, y representa en torno al 40% de los costes de un hospital. El quirófano -*Operating Room (OR)*- es una sala acondicionada para realizar intervenciones quirúrgicas, que puede consumir entre el 10-15% del presupuesto de un hospital, siendo la instalación más cara, y constituyendo un cuello de botella para la mayoría de hospitales (Jebali et al. ,2006). Por tanto, la correcta gestión de los ORs es un factor importante en la gestión de los hospitales, puesto que son un recurso limitado por su propia capacidad y por los recursos materiales y humanos necesarios para su correcto funcionamiento.

El objetivo de este trabajo es caracterizar los problemas de decisión involucrados en la planificación quirúrgica. Para ello, se ha conducido una revisión sistemática para analizar y evaluar los trabajos publicados en el ámbito de la planificación quirúrgica.

2. Caracterización de los problemas de decisión de la planificación quirúrgica

La planificación quirúrgica es un proceso de toma de decisiones empleado en la programación de ORs en un hospital, tanto a nivel de *hospital* como a nivel de *unidad quirúrgica*. En lo que respecta a la Dirección del hospital, hace referencia a cómo distribuir el tiempo de OR disponible entre las unidades quirúrgicas, es decir, cuándo y en qué cantidad las unidades dispondrán de ORs para llevar a cabo las operaciones que tienen asignadas. En lo que respecta al nivel de unidad, hace referencia a cómo distribuir el tiempo asignado por la Dirección del hospital, además de asignar a cada paciente una fecha en la que se realizará la operación.

La planificación quirúrgica puede estructurarse en tres fases (Testi et al. ,2007):

- *Session Planning Problem (SPP)*, las horas de OR disponibles son asignadas a las diferentes unidades quirúrgicas del hospital.

* Este trabajo deriva de la participación de los autores en el proyecto de investigación "(OR)2 - Operations Research & Operation Room" (ACC-300100-07-5) financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia de España y en el contrato de investigación "VIRSSPA" (OG-174/07) financiado por la Fundación Reina Mercedes.

- *Master Surgical Schedule* (MSS), este problema de decisión trata la asignación de los turnos de OR entre las unidades quirúrgicas. Obviamente, la duración total de turnos asignados a cada unidad quirúrgica no debe exceder el número de horas especificadas en la fase anterior, por lo que las fases SPP y MSS deben tener el mismo horizonte de planificación.
- *Elective Case Scheduling* (ECS), los pacientes en lista de espera en cada unidad quirúrgica son asignados a los turnos de OR que le han sido asignados en la fase MSS. En general, la fase ECS puede ser resuelta en dos etapas, (Jebali et al. ,2006): la primera (*Advance Scheduling*), asignación de pacientes a turnos de ORs; la segunda (*Allocation Scheduling*), trata la secuenciación de las operaciones asignadas a cada turno de OR, con el objetivo de mejorar el uso del OR teniendo en cuenta restricciones relacionadas con los recursos implicados.

Para llevar a cabo la caracterización de los problemas de decisión de la planificación quirúrgica se ha realizado una revisión sistemática de la literatura relacionada con la planificación quirúrgica. La revisión sistemática es una metodología que permite detectar, evaluar y analizar trabajos publicados en un determinado ámbito de investigación, en este caso, la planificación quirúrgica. La metodología seguida para la evaluación de los trabajos detectados se estructura en los siguientes pasos:

- Una vez que se tienen los resultados de lanzar las búsquedas en las bases de datos seleccionadas, el primer criterio de selección será la lectura del título del trabajo, siendo rechazado cuando el título no tiene relación alguna con el objetivo del estudio. En este paso, también se eliminan los trabajos que aparezcan por duplicado.
- El siguiente paso consiste en llevar a cabo una lectura del resumen del trabajo, siendo excluida en caso de no tener relación directa con el objeto del estudio.
- Finalmente si tras la lectura completa del trabajo se considera que no es de tanto interés para el estudio como se intuyó en el paso anterior, se elimina el trabajo.

A continuación, se muestra una figura que recoge el número de trabajos analizados en cada uno de los pasos anteriores.

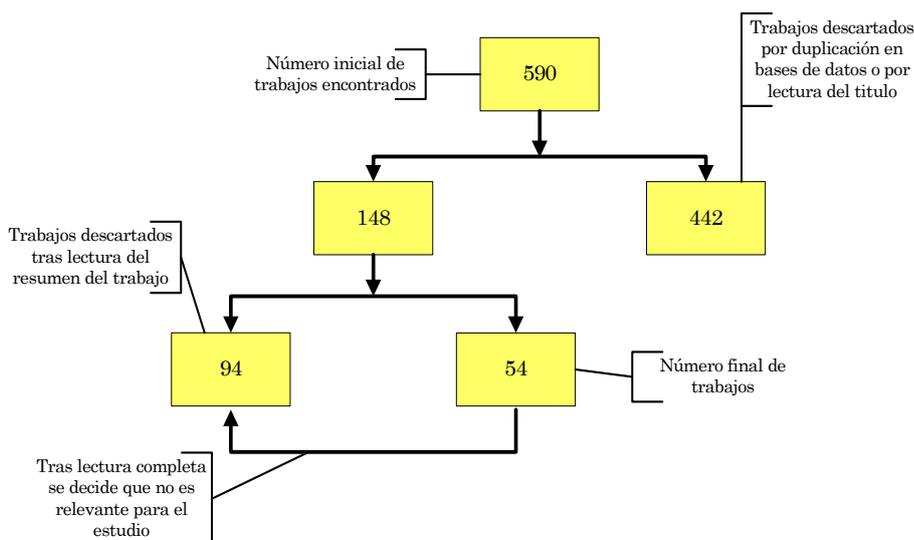


Figura 1. Metodología propuesta para el procesamiento de trabajos.

3. Session Planning Problem

En este apartado se clasifican las diferentes variables, restricciones y objetivos empleados para el desarrollo de los modelos de decisión de la fase SPP.

Tabla 1. Variables, restricciones y objetivos de los modelos de decisión de la fase SPP

SESSION PLANNING PROBLEM		
VARIABLES		
Variable	Tipo	Referencias
Asignación de una sesión de OR a una unidad quirúrgica.	Binaria	(Testi et al. ,2007)
RESTRICCIONES		
Restricción	Descripción	Referencias
Quirófano	La suma de sesiones de OR asignadas no debe ser superior al número de sesiones de OR disponibles.	(Testi et al. ,2007)
	El número de sesiones de OR asignadas a una unidad quirúrgica debe ser mayor que un límite inferior definido.	(Testi et al. ,2007)
	El número medio de horas extras debe ser menor o igual que el máximo número de horas extras disponibles en el horizonte de planificación.	(Testi et al. ,2007)
OBJETIVOS		
Objetivo	Descripción	Referencias
Financieros	Maximizar el beneficio asociado a cada sesión de OR, con el fin de maximizar la cantidad total de beneficio alcanzado a través de los recursos dados de OR.	(Testi et al. ,2007)

4. Master Surgical Schedule

En este apartado se clasifican las diferentes variables, restricciones y objetivos empleados para el desarrollo de los modelos de decisión de la fase MSS.

Tabla 2. Variables, restricciones y objetivos de los modelos de decisión de la fase MSS

MASTER SURGICAL SCHEDULE		
VARIABLES		
Descripción	Tipo	Referencias
Asignación de unidades quirúrgicas a ORs en cualquier turno del horizonte de planificación.	Binaria	(Santibáñez et al. ,2007;Testi et al. ,2007;Chaabane et al. ,2006)
Número de intervenciones quirúrgicas que una unidad quirúrgica realizará en los turnos de OR asignados.	Entera	(Santibáñez et al. ,2007;Chaabane et al. ,2006)
Número de bloques de tiempo (BTs) de OR asignados a una unidad quirúrgica en cualquier turno del horizonte de planificación.	Entera	(Beliën and Demeulemeester ,2007;Blake et al. ,2002)
Duración del BT que es ocupado por una unidad quirúrgica en un turno de OR.	Entera	(Chaabane et al. ,2006)
RESTRICCIONES		
Restricción	Descripción	Referencias
Intervención quirúrgica	El número de intervenciones realizadas por una unidad quirúrgica es menor o igual que el número de pacientes que tiene en lista de espera.	(Chaabane et al. ,2006)
	Límites sobre el número total de intervenciones realizadas por una unidad quirúrgica.	(Santibáñez et al. ,2007)

MASTER SURGICAL SCHEDULE			
Recursos Humanos	Unidad quirúrgica	Tipo de OR que puede ser asignado a una unidad quirúrgica.	(Blake et al. ,2002)
		Los cirujanos de una unidad tienen asignados un suficiente número de días para realizar sus intervenciones.	(Testi et al. ,2007;Chaabane et al. ,2006)
		La duración de los BTs asignados a una unidad debe ser menor o igual que la petición de tiempo de OR.	(Chaabane et al. ,2006)
		Disponibilidad para operar de cirujanos en cualquier turno de OR.	(Chaabane et al. ,2006)
		Limitar la duración de los BTs asignados al tiempo de trabajo de las unidades quirúrgicas	(Chaabane et al. ,2006)
Instalaciones	Unidad Cuidado Intensivos (UCI)	Capacidad de camas en la UCI para realizar intervenciones quirúrgicas.	(Santibáñez et al. ,2007)
	Quirófano	Limitación del número de ORs que puede ser asignado a una unidad quirúrgica.	(Beliën and Demeulemeester ,2007;Testi et al. ,2007;Blake et al. ,2002)
		Número de ORs asignados a las unidades debe ser igual que el número de ORs disponibles.	(Santibáñez et al. ,2007;Blake et al. ,2002)
		Periodicidad en los ORs asignados a una unidad quirúrgica.	(Santibáñez et al. ,2007)
		Cada BT de un turno de OR puede ser utilizado una sola vez.	(Santibáñez et al. ,2007;Testi et al. ,2007)
		ORs prohibidos, es decir, una unidad será asignada a ORs donde pueda realizar sus operaciones.	(Santibáñez et al. ,2007)
		El tiempo de OR solicitado por las unidades debe ser menor o igual que el tiempo de OR disponible.	(Santibáñez et al. ,2007;Chaabane et al. ,2006)
		El tiempo de OR disponible para realizar intervenciones quirúrgicas.	(Chaabane et al. ,2006;Blake et al. ,2002)
		El número de ORs asignados a una unidad quirúrgica en un turno debe ser menor o igual que el número de cirujanos disponibles en dicho turno.	(Testi et al. ,2007)
	OBJETIVOS		
Objetivo	Descripción		Referencias
Optimización de recursos	Materiales	Minimizar la diferencia entre el tiempo de OR asignado a una unidad quirúrgica y el calculado en la fase SPP. En el caso de estudio supone unos ahorros anuales de 20.000 \$.	(Blake et al. ,2002)
		Minimizar la escasez de camas en las instalaciones por las que pasa el paciente durante el proceso quirúrgico.	(Beliën and Demeulemeester ,2007)
		Minimizar el pico de camas utilizadas en el horizonte de planificación. Maximizar el número de pacientes operados.	(Santibáñez et al. ,2007)
	Humanos	Maximizar la preferencia de los cirujanos a operar en un determinado turno del horizonte de planificación.	(Testi et al. ,2007)
		Minimizar la diferencia entre el tiempo de OR asignado y el solicitado por una unidad quirúrgica.	(Chaabane et al. ,2006)

5. Elective Case Scheduling

En este apartado se clasifican las diferentes variables, restricciones y objetivos empleados para el desarrollo de los modelos de decisión de la fase ECS.

Tabla 3. Variables, restricciones y objetivos de los modelos de decisión de la fase SPP

ELECTIVE CASE SCHEDULING			
VARIABLES			
Descripción		Tipo	Referencias
Asignación de un paciente a OR.		Binaria	(Fei et al. ,2008;Jebali et al. ,2006;Ozkarahan ,2000)
Asignación de un paciente a un cirujano.		Binaria	(Ogulata and Erol ,2003)
Asignación de paciente a un BT en cualquier turno de OR.		Binaria	(Lamiri et al. ,2008)
Número de intervenciones asignadas a un cirujano en cualquier turno de OR.		Entera	(Hans et al. ,2008)
Secuencias de intervenciones en un determinado turno de OR.		Binaria	(Denton et al. ,2007;Denton and Gupta ,2003;Weiss ,1990)
Hora de comienzo de la intervención en el turno de OR donde está programada, duraciones estocásticas, tiempo de espera del paciente y utilización del OR.		-	(Denton et al. ,2007;Denton and Gupta ,2003;Weiss ,1990)
Hora de comienzo de las tareas realizadas al paciente durante el proceso quirúrgico.		Entera	(Perdomo et al. ,2006)
Riesgo de no realización (RNR) de una intervención, basada en variables binarias.		-	(Marcon et al. ,2003)
RESTRICCIONES			
Restricción	Descripción		Referencias
Intervenciones quirúrgicas	Una intervención quirúrgica es realizada una sola vez en el horizonte de planificación.		(Fei et al. ,2008;Lamiri et al. ,2008;Jebali et al. ,2006;Guinet and Chaabane ,2003;Marcon et al. ,2003;Ozkarahan ,2000)
	Relativa a las fechas de operación de los pacientes.		(Fei et al. ,2008;Jebali et al. ,2006;Guinet and Chaabane ,2003)
	El número de intervenciones realizadas es menor o igual que los pacientes en lista de espera.		(Vissers et al. ,2005)
	Prohibido asignar un BT cuya duración sea inferior a la duración de la intervención más corta realizada en una unidad quirúrgica.		(Guinet and Chaabane ,2003)
	Selección equilibrada de pacientes en término de duraciones (corta, media y larga).		(Ogulata and Erol ,2003)
	Selección de intervenciones a realizar en función de la fecha de llegada y de la prioridad de los pacientes.		(Ogulata and Erol ,2003;Ozkarahan ,2000)
	Distribución uniforme de las intervenciones a lo largo del horizonte de planificación.		(Ogulata and Erol ,2003)
	Distribución equilibrada a lo largo del horizonte de planificación de pacientes en función de la duración de la intervención.		(Ogulata and Erol ,2003)
	Relacionadas con la precedencia y el tiempo de finalización de las tareas realizadas durante el proceso quirúrgico.		(Perdomo et al. ,2006)
	Tiempos de espera entre intervenciones debe ser 0 salvo que las intervenciones sean consecutivas.		(Denton et al. ,2007)
Recursos Humanos	Cirujanos	Capacidad (en unidad de tiempo) del cirujano para	(Jebali et al. ,2006;Guinet and Chaabane ,2003;Ogulata and Erol

ELECTIVE CASE SCHEDULING				
		realizar intervenciones.		,2003;Ozkarahan ,2000)
		Distribución equilibrada de tiempo de OR entre cirujanos de una unidad.		(Ogulata and Erol ,2003)
		Distribución equilibrada de intervenciones quirúrgicas entre cirujanos.		(Ogulata and Erol ,2003)
	Enfermeras	Número de enfermeras en la UCI por día.		(Vissers et al. ,2005)
	Celadores	Número de celadores en cualquier turno de OR.		(Perdomo et al. ,2006)
Instalaciones	Unidad de la especialidad (UE)	Número de camas en la UE.		(Vissers et al. ,2005)
	Quirófano	Tiempo de OR disponible.	Sin horas extras	(Perdomo et al. ,2006;Guinet and Chaabane ,2003;Marcon et al. ,2003)
			Con horas extras	(Fei et al. ,2008;Hans et al. ,2008;Testi et al. ,2007;Jebali et al. ,2006;Vissers et al. ,2005;Guinet and Chaabane ,2003;Ozkarahan ,2000)
		Estimación de las horas extras en cualquier turno de OR.		(Lamiri et al. ,2008)
		ORs prohibidos, es decir, el paciente será asignado a un OR donde su intervención pueda ser realizada.		(Jebali et al. ,2006;Guinet and Chaabane ,2003)
		Al mismo tiempo en un OR sólo se puede operar a un paciente.		(Denton et al. ,2007;Guinet and Chaabane ,2003)
		Prioridad de los cirujanos para operar en ciertos ORs.		(Ozkarahan ,2000)
	Unidad Cuidado Intensivos (UCI)	Capacidad de camas en la UCI.		(Jebali et al. ,2006;Perdomo et al. ,2006;Vissers et al. ,2005;Ozkarahan ,2000)
OBJETIVOS				
Objetivo		Descripción		Referencias
Temporales	Fecha límite	Minimizar el retraso quirúrgico, es decir, el periodo de tiempo entre la primera consulta y la fecha de operación.		(Guinet and Chaabane ,2003;Ogulata and Erol ,2003;Arenas et al. ,2002)
		Minimizar el <i>makespan</i> , el periodo de tiempo entre el comienzo de la primera intervención y la finalización de la última.		(Pham and Klinkert ,2008;Perdomo et al. ,2006;Hsu et al. ,2003)
		Minimizar el tiempo de espera de una intervención en el día programado.		(Denton et al. ,2007)
	Otras	Minimizar horas extras.		(Hans et al. ,2008;Denton et al. ,2007;Marcon and Dexter ,2006)
		Minimizar el número de intervenciones extraordinarias		(Arenas et al. ,2002)

ELECTIVE CASE SCHEDULING			
		(aquellas que pueden tardar más de lo esperado o que provienen de otros centros).	
Optimización recursos	Materiales	Maximizar la utilización del OR.	(Hans et al. ,2008;Van et al. ,2007;Pérez Gladish et al. ,2005;Ogulata and Erol ,2003;Dexter et al. ,1999a;Dexter et al. ,1999b)
		Maximizar el número de pacientes intervenidos.	(Santibáñez et al. ,2007;Lebowitz ,2003)
		Minimizar la desviación entre los objetivos fijados y la utilización del OR, la UE y la UCI.	(Vissers et al. ,2005)
		Crear un programa de intervenciones, teniendo en cuenta la carga de trabajo en las instalaciones posteriores al OR estén equilibradas.	(van Oostrum et al. ,2008)
		Minimizar la pérdida de tiempo de OR.	(Denton et al. ,2007)
	Humanos	Maximizar la preferencia de los cirujanos por operar en ciertos ORs.	(Testi et al. ,2007)
		Minimizar el número de enfermeras en la UCI.	(Hsu et al. ,2003)
		Minimizar la desviación entre los objetivos fijados y la utilización del personal de la UCI.	(Vissers et al. ,2005)
	Financieros	Minimizar los costes fijos del paciente (horas extras, costes de hospitalización, personal,...).	(Fei et al. ,2008;Lamiri et al. ,2008;Jebali et al. ,2006;Guinet and Chaabane ,2003;Dexter et al. ,1999)
Multiobjetivo			(Sier et al. ,1997)

6. Conclusiones

En este trabajo, se ha llevado a cabo una revisión de los factores que influyen en los problemas de decisión de la planificación quirúrgica: *Session Planning Problem*, *Master Surgical Schedule* y *Elective Case Scheduling*.

En lo que respecta a la fase SPP, las posibles futuras líneas de investigación podrían ser:

- Estudio de la longitud del horizonte de planificación a planificar, ya que al aumentar la duración del mismo se le otorga mayor flexibilidad al uso de los turnos de ORs.
- Estudiar mecanismos de distribución de tiempo de OR entre las unidades quirúrgicas que componen un hospital.

Como se ha descrito anteriormente, las fases SPP y MSS deben presentar el mismo horizonte de planificación. Dado que no ha sido tratado en la literatura existente, una posible línea de trabajo podría ser la resolución simultánea de ambas fases.

En lo que respecta a la fase de ECS, las posibles futuras líneas de investigación podrían ser:

- Desarrollar modelos de decisión para la programación y planificación de intervenciones quirúrgicas que tengan en cuenta de forma simultánea las fases de preoperatorio, operatorio y postoperatorio, ya que la indisponibilidad de algunos de los recursos de estas fases supone la cancelación de la intervención.
- Estudiar el impacto que tendrían sobre la lista de espera diferentes políticas de programación de ORs.
- Estudiar técnicas de estimación para las duraciones de las intervenciones, así como tener en cuenta desarrollos tecnológicos que suponen una gran reducción de tiempo de operación, como es el caso del quirófano del futuro (Sandberg et al. ,2005).
- Desarrollos de técnicas multiobjetivo para la planificación y programación de operaciones, para contemplar la consecución de forma simultánea de diferentes objetivos, como podrían ser: maximizar utilización de ORs, minimizar tiempo de espera en lista de espera, minimizar costes, etc.

Como conclusión general y dado que los problemas de decisión de la planificación quirúrgica son problemas generales de asignación, una futura línea de investigación sería el desarrollo de métodos de resolución aproximados.

Referencias

- Jebali, A.; Hadj Alouane, A.B.; Ladet, P. (2006). Operating rooms scheduling. *International Journal of Production Economics*, Vol 99, No. 1-2, pp. 52-62.
- Testi, A.; Tanfani, E.; Torre, G. (2007). A three-phase approach for operating theatre schedules. *Health Care Management Science*, Vol 10, No. 2, pp. 163-172.
- Santibáñez, P.; Begen, M.; Atkins, D. (2007). Surgical block scheduling in a system of hospitals: An application to resource and wait list management in a British Columbia health authority. *Health Care Management Science*, Vol 10, No. 3, pp. 269-282.
- Chaabane, S.; Meskens, N.; Guinet, A.; Laurent, M. (2006). Comparison of Two Methods of Operating Theatre Planning: Application in Belgian Hospital. *International Conference on Service Systems and Service Management*, Vol 1, pp. 386-392.
- Blake, J.T.; Donald, J.; Ball, S. (2002). Mount Sinai hospital uses integer programming to allocate operating room time. *Interfaces*, Vol 32, No. 2, pp. 63-73.
- Beliën, J.; Demeulemeester, E. (2007). Building cyclic master surgery schedules with leveled resulting bed occupancy. *European Journal of Operational Research*, Vol 176, No. 2, pp. 1185-1204.
- Ozkarahan, I. (2000). Allocation of surgeries to operating rooms by goal programming. *Journal of Medical Systems*, Vol 24, No. 6, pp. 339-378.
- Fei, H.; Chu, C.; Meskens, N.; Artiba, A. (2008). Solving surgical cases assignment problem by a branch-and-price approach. *Int J Prod Econ*, Vol 112, No. 1, pp. 96-108.
- Ogulata, S.N.; Erol, R. (2003). A Hierarchical Multiple Criteria Mathematical Programming Approach for Scheduling General Surgery Operations in Large Hospitals. *Journal of Medical Systems*, Vol 27, No. 3, pp. 259-270.
- Lamiri, M.; Xie, X.; Dolgui, A.; Grimaud, F. (2008). A stochastic model for operating room planning with elective and emergency demand for surgery. *European Journal of Operational Research*, Vol 185, No. 3, pp. 1026-1037.

- Hans, E.; Wullink, G.; van Houdenhoven, M.; Kazemier, G. (2008). Robust surgery loading. *European Journal of Operational Research*, Vol 185, No. 3, pp. 1038-1050.
- Denton, B.; Gupta, D. (2003). A sequential bounding approach for optimal appointment scheduling. *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*, Vol 35, No. 11, pp. 1003-1016.
- Denton, B.; Viapiano, J.; Vogl, A. (2007). Optimization of surgery sequencing and scheduling decisions under uncertainty. *Health Care Management Science*, Vol 10, No. 1, pp. 13-24.
- Weiss, E.N. (1990). Models for Determining Estimated Start Times and Case Orderings In Hospital Operating Rooms-. *IIE Transactions*, Vol 22, No. 2, pp. 143-150.
- Perdomo, V.; Augusto, V.; Xie, X. (2006). Operating Theatre Scheduling Using Lagrangian Relaxation. *International Conference on Service Systems and Service Management*, Vol 2, pp. 1234-1239.
- Marcon, E.; Kharraja, S.; Simonnet, G. (2003). The operating theatre planning by the follow-up of the risk of no realization. *International Journal of Production Economics*, Vol 85, No. 1, pp. 83-90.
- Guinet, A.; Chaabane, S. (2003). Operating theatre planning. *International Journal of Production Economics*, Vol 85, No. 1, pp. 69-81.
- Vissers, J.M.H.; Adan, I.J.B.F.; Bekkers, J.A. (2005). Patient mix optimization in tactical cardiothoracic surgery planning: A case study. *IMA Journal Management Mathematics*, Vol 16, No. 3, pp. 281-304.
- Arenas, M.; Bilbao, A.; Caballero, R.; Gómez, T.; Rodríguez, M.V.; Ruiz, F. (2002). Analysis via goal programming of the minimum achievable stay in surgical waiting lists. *J. Oper. Res. Soc.*, Vol 53, No. 4, pp. 387-396.
- Pham, D.-.; Klinkert, A. (2008). Surgical case scheduling as a generalized job shop scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, Vol 185, No. 3, pp. 1011-1025.
- Hsu, V.N.; De Matta, R.; Lee, C.-. (2003). Scheduling patients in an ambulatory surgical center. *Naval Research Logistics*, Vol 50, No. 3, pp. 218-238.
- Marcon, E.; Dexter, F. (2006). Impact of surgical sequencing on post anesthesia care unit staffing. *Health Care Management Science*, Vol 9, No. 1, pp. 87-98.
- Dexter, F.; Macario, A.; Traub, R.D. (1999a). Which algorithm for scheduling add-on elective cases maximizes operating room utilization? Use of bin packing algorithms and fuzzy constraints in operating room management. *Anesthesiology*, Vol 91, No. 5, pp. 1491-1500.
- Dexter, F.; Macario, A.; Traub, R.D.; Hopwood, M.; Lubarsky, D.A. (1999b). An operating room scheduling strategy to maximize the use of operating room block time: computer simulation of patient scheduling and survey of patients' preferences for surgical waiting time. *Anesth. Analg.*, Vol 89, No. 1, pp. 7-20.
- Van, H.M.; van Oostrum, J.M.; Hans, E.W.; Wullink, G.; Kazemier, G. (2007). Improving operating room efficiency by applying bin-packing and portfolio techniques to surgical case scheduling. *Anesth. Analg.*, Vol 105, No. 3, pp. 707-714.
- Pérez Gladish, B.; Arenas Parra, M.; Bilbao Terol, A.; Rodríguez Uría, M.V. (2005). Management of surgical waiting lists through a Possibilistic Linear Multiobjective Programming problem. *Applied Mathematics and Computation*, Vol 167, No. 1, pp. 477-495.

Lebowitz, P. (2003). Schedule the short procedure first to improve OR efficiency. *AORN J.*, Vol 78, No. 4, pp. 651-659.

van Oostrum, J.; Van Houdenhoven, M.; Hurink, J.; Hans, E.; Wullink, G.; Kazemier, G. (2008). A master surgical scheduling approach for cyclic scheduling in operating room departments. *OR Spectrum*, Vol 30, No. 2, pp. 355-374.

Dexter, F.; Traub, R.D.; Qian, F. (1999). Comparison of Statistical Methods to Predict the Time to Complete a Series of Surgical Cases. *J.Clin.Monit.Comput.*, Vol 15, No. 1, pp. 45-51.

Sier, D.; Tobin, P.; McGurk, C. (1997). Scheduling surgical procedures. *Journal of the Operational Research Society*, Vol 48, No. 9, pp. 884-891.

Sandberg, W.S.; Daily, B.; Egan, M.; Stahl, J.E.; Goldman, J.M.; Wiklund, R.A.; Rattner, D. (2005). Deliberate perioperative systems design improves operating room throughput. *Anesthesiology*, Vol 103, No. 2, pp. 406-418.