Master Surgical Scheduling bei stochastischen Operationszeiten

Alexander Kressner

31. Mai 2013

Übersicht

Entscheidungsebenen im Rahmen der OP-Saalplanung

strategisch: Anzahl OP-Säle, technische und personelle Ausstattung des OP-Bereichs, Behandlungsvolumen je Fallklasse

taktisch: OP-Saalkontingente je Fachgebiet und Tag, grober Einsatzplan für die technischen und personellen Ressourcen des OP-Bereichs

operativ: Zuordnung einzelner Patienten zu OP-Sälen und Zeitslots, detaillierter Plan für den Einsatz der technischen und personellen Ressourcen, Einplanung von Notfallpatienten

Taktische OP-Saalplanung: Master Surgical Scheduling

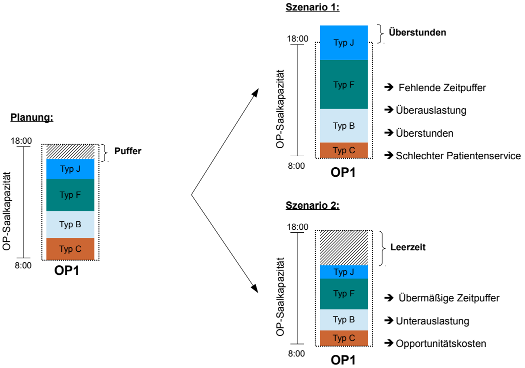
Definition:
Zyklischer Plan, der für jeden Operationssaal festlegt, zu welchen Zeiten Operationen einzelner Fachgebiete oder definierter Typen durchgeführt werden.

Funktion und Motivation:

- Bindeglied zwischen strategischer und operativer Planung
- Mittelfristige Abstimmung der Ressourcen im OP-Bereich
- Vermeidung von Unterauslastung der Ressourcen, Überstunden, langen Wartezeiten, OP-Absagen,...
- Erhalt der ärztlichen Autonomie

Herausforderung: Stochastische Operationszeiten

- Natürliche Variabilität von Operationszeiten
- Problem der **Pufferallokation**



Modelle für das Master Surgical Scheduling

Ansätze mit deterministischen Operationszeiten:
Blake & Donald (2002), Belien & Demeulemeester (2007), Belien et al. (2009), Vissers et al. (2002, 2005, 2009).

Ansatz mit stochastischen Operationszeiten:
Van Oostrum et al. (2008).

- Elektive Eingriffe: Ca. 80% regelmäßig (wöchentlich) wiederkehrend
- Aggregation zu Operationstypen
- Master Surgical Schedule für Operationstypen
- Ziel: Min{Anzahl beplanter OP-Säle, Arbeitslast Station}
- Chance Constraint für OP-Saalkapazität

Ein stochastisches Optimierungsmodell mit Serivcegradrestriktion

Idee:

- Planungsansatz zur Antizipation der Unsicherheit von Operationszeiten
- Robuste OP-Belegungspläne

Zentrales Element:
Kennzahl zur Steuerung der maximal zulässigen Anzahl von Überstunden
$\Rightarrow$ Modellierung als Serivcegradrestriktion
$\Rightarrow$ Zielwerte durch OP-Management

Notation (Teil 1)

Indexmengen:

$t \in \mathcal{T}$	Tage
$j \in \mathcal{J}$	OP-Säle
$i \in \mathcal{I}$	Operationstypen
$h \in \mathcal{H}$	Einzelne Operation
$\mathcal{H}_i \subseteq \mathcal{H}$	Teilmenge von Operationen des Typ i

Deterministische Parameter:

o_j	Kapazität OP-Saal j
s_i	Anzahl von Operationen von Typ i im Planungshorizont
β	Definierter Servicegrad

Notation (Teil 2)

Stochastische Variablen:

ξ_h	Dauer der einzelnen Operation h
OT_{jt}	Überstd. im OP-Saal j am Tag t
TT_{jt}	Gesamte Operationszeit im OP-Saal j am Tag t

Entscheidungsvariablen:

W_{jt}	1, wenn OP-Saal j am Tag t geöffnet; 0 sonst
V_{hjt}	1, wenn Operation h im OP-Saal j am Tag t angesetzt; 0 sonst

Definition Servicegrad:

$$\beta_{jt} = 1 - \frac{E[OT_{jt}]}{E[TT_{jt}]} = 1 - \frac{E[OT_{jt}]}{E[\sum_{h \in \mathcal{H}} \xi_h \cdot V_{hjt}]} = 1 - \frac{E[OT_{jt}]}{\sum_{h \in \mathcal{H}} E[\xi_h] \cdot V_{hjt}}$$

Entscheidungsmodell (Teil 1)

$$\text{Min } Z = \sum_{j \in \mathcal{J}} \sum_{t \in \mathcal{T}} o_j \cdot W_{jt} \tag{1}$$

s.t.

$$\sum_{h \in \mathcal{H}_i} V_{hjt} \leq s_i \cdot W_{jt}, \qquad i \in \mathcal{I}, j \in \mathcal{J}, t \in \mathcal{T} \tag{2}$$

$$\sum_{h \in \mathcal{H}_i} \sum_{j \in \mathcal{J}} \sum_{t \in \mathcal{T}} V_{hjt} = s_i, \qquad i \in \mathcal{I} \tag{3}$$

$$OT_{jt} = \left[\sum_{h \in \mathcal{H}} \xi_h \cdot V_{hjt} - o_j \right]^+, \qquad j \in \mathcal{J}, t \in \mathcal{T} \tag{4}$$

Entscheidungsmodell (Teil 2)

$$E[OT_{jt}] \leq (1-\beta) \cdot \sum_{h \in \mathcal{H}} E[\xi_h] \cdot V_{hjt}, \qquad j \in \mathcal{J}, t \in \mathcal{T} \quad (5)$$

$$V_{hjt} \in \{0,1\}, \qquad h \in \mathcal{H}, j \in \mathcal{J}, t \in \mathcal{T} \quad (6)$$

$$W_{jt} \in \{0,1\}, \qquad j \in \mathcal{J}, t \in \mathcal{T} \quad (7)$$

Erweiterungsmöglichkeiten...

- Angepasste Servicegradmaße (z.B. zur Kontrolle von Überstunden je Operationsteam)
- Kostenminimierungsproblem (Rüst- und Überstundenkosten) ohne Servicegradrestriktion
- Integration sporadisch auftretender Operationen sowie Notfallpatienten
- Abstimmung mit nachfolgenden Abteilungen (Aufwachraum, Intensiv- oder Normalstation)

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Backup: Lineare Approximation mittels Szenarienansatz

- Simulation von Operationszeiten
- Generierung von S Szenarien
- Szenarien-spezifische Operationszeiten ξ_h^s
- Bestimmung der Überstd. in einem OP-Saal je Szenario OT_{jt}^s
- Optimierung über Szenarienbündel und Approximation des Erwartungswertes von OT_{jt} mit:

$$E[OT_{jt}] \approx \frac{\sum_{s \in \mathcal{S}} OT_{jt}^s}{|\mathcal{S}|}$$

Entscheidungsmodell (Teil 1)

$$\text{Min } Z = \sum_{j \in \mathcal{J}} \sum_{t \in \mathcal{T}} o_j \cdot W_{jt} \tag{8}$$

s.t.

$$\sum_{h \in \mathcal{H}_i} V_{hjt} \leq s_i \cdot W_{jt}, \qquad i \in \mathcal{I}, j \in \mathcal{J}, t \in \mathcal{T} \tag{9}$$

$$\sum_{h \in \mathcal{H}_i} \sum_{j \in \mathcal{J}} \sum_{t \in \mathcal{T}} V_{hjt} = s_i, \qquad i \in \mathcal{I} \tag{10}$$

Entscheidungsmodell (Teil 2)

$$OT_{jt}^{s} \geq \sum_{h \in \mathcal{H}} \xi_h^s \cdot V_{hjt} - o_j, \qquad j \in \mathcal{J}, t \in \mathcal{T}, s \in \mathcal{S} \quad (11)$$

$$\frac{\sum_{s \in \mathcal{S}} OT_{jt}^{s}}{|\mathcal{S}|} \leq (1-\beta) \cdot \sum_{h \in \mathcal{H}} E[\xi_h] \cdot V_{hjt}, \qquad j \in \mathcal{J}, t \in \mathcal{T} \quad (12)$$

$$V_{hjt} \in \{0,1\}, \qquad h \in \mathcal{H}, j \in \mathcal{J}, t \in \mathcal{T} \quad (13)$$

$$W_{jt} \in \{0,1\}, \qquad j \in \mathcal{J}, t \in \mathcal{T} \quad (14)$$

$$OT_{jt}^{s} \geq 0, \qquad j \in \mathcal{J}, t \in \mathcal{T}, s \in \mathcal{S} \quad (15)$$

Backup: Stochastisches Modell zur Bestimmung kostenminimaler Operationspläne

Zusätzliche Parameter:

f_{ijt}	Kosten für das Rüsten von OP-Saal j auf Operationstyp i am Tag t
oc_t	Überstundenkosten am Tag$t$ (je ZE)

Angepasste Entscheidungsvariablen:

W_{ijt}	1, wenn OP-Saal j am Tag t auf Operationstyp i gerüstet ist; 0 sonst

$$\text{Min } Z = \sum_{i\in\mathcal{I}}\sum_{j\in\mathcal{J}}\sum_{t\in\mathcal{T}} f_{ijt}\cdot W_{ijt} + \sum_{j\in\mathcal{J}}\sum_{t\in\mathcal{T}} oc_t \cdot \frac{\sum_{s\in\mathcal{S}} OT^s_{jt}}{|\mathcal{S}|} \quad (16)$$

s.t.

$$\sum_{h\in\mathcal{H}_i} V_{hjt} \leq s_i \cdot W_{ijt}, \qquad i\in\mathcal{I}, j\in\mathcal{J}, t\in\mathcal{T} \quad (17)$$

$$\sum_{h\in\mathcal{H}_i}\sum_{j\in\mathcal{J}}\sum_{t\in\mathcal{T}} V_{hjt} = s_i, \qquad i\in\mathcal{I} \quad (18)$$

$$OT^s_{jt} \geq \sum_{h\in\mathcal{H}} \xi^s_h \cdot V_{hjt} - o_j, \qquad j\in\mathcal{J}, t\in\mathcal{T}, s\in\mathcal{S} \quad (19)$$

$$V_{hjt} \in \{0,1\}, \qquad h\in\mathcal{H}, j\in\mathcal{J}, t\in\mathcal{T} \quad (20)$$

$$W_{ijt} \in \{0,1\}, \qquad j \in \mathcal{J}, t \in \mathcal{T} \quad (21)$$

$$OT_{jt}^{s} \geq 0, \qquad j \in \mathcal{J}, t \in \mathcal{T}, s \in \mathcal{S} \quad (22)$$