

Д. Р. Богданова, Д. В. Попов, Д. А. Ризванов (Уфа, У-ГАТУ). **Задача поддержки принятия решений при формировании расписания прохождения процедур отдыхающими в санаторно-курортном комплексе.**

Санаторно-курортное учреждение — это сложная система, деятельность которой связана с предоставлением лечебно-оздоровительных услуг. В условиях рынка отдыхающие требуют все более качественного обслуживания и своевременности приема процедур. Перед руководством стоит проблема нахождения компромисса между эффективным использованием ресурсов и максимально полным удовлетворением потребностей клиентов. Поэтому на первый план выходит процесс поддержки принятия решений при выборе наиболее подходящего расписания.

1. Проведенный системный анализ позволил выделить специфику задачи формирования расписания прохождения процедур отдыхающими. Приведем математическую модель этого процесса.

Обозначим A — множество отдыхающих, $|A| = n$, C — множество оказываемых в санатории процедур, $|C| = m$. Каждое событие «Прием отдыхающим процедуры» характеризуется индексами: i — номер отдыхающего; j — номер назначенной процедуры; d — конкретная дата; $J_i^{(d)}$ — упорядоченное по времени прохождения множество процедур, назначенных отдыхающему i на день d ; $I_j^{(d)}$ — множество отдыхающих, которым назначена процедура j в день d ; d_{i1} — дата заезда отдыхающего i , d_{i2} — дата выписки отдыхающего i .

Пусть $\bar{t}_{ij}^{(d)}$ — момент начала приема отдыхающим i процедуры j , t_{ij} — время прохождения отдыхающим i процедуры j , t'_{ij} — время отдыха до приема отдыхающим i процедуры j , t''_{ij} — время отдыха после приема отдыхающим i процедуры j .

Введем ограничения. Процедуру j одновременно может принимать только один отдыхающий:

$$\bar{t}_{i_1j}^{(d)} - \bar{t}_{i_2j}^{(d)} \begin{cases} \geq t_{i_2j}, & \text{если } \bar{t}_{i_1j}^{(d)} - \bar{t}_{i_2j}^{(d)} \geq 0, \\ \geq t_{i_1j}, & \text{если } \bar{t}_{i_1j}^{(d)} - \bar{t}_{i_2j}^{(d)} \leq 0, \end{cases} \quad (1)$$

где i_1, i_2 такие, что $a_{i_1}, a_{i_2} \in A$,

$$\bar{t}_{i(j+1)}^{(d)} \geq \bar{t}_{ij}^{(d)} + t_{ij} + \max\{t''_{ij}, t'_{i(j+1)}\}, \quad (2)$$

$$T_{j1}^{(d)} \leq \bar{t}_{ij}^{(d)}, \quad \bar{t}_{ij}^{(d)} + t_{ij} \leq T_{j2}^{(d)}, \quad (3)$$

где $T_{j1}^{(d)}$ и $T_{j2}^{(d)}$ — начало и конец рабочего дня d для процедуры j , соответственно.

Согласно ограничению (2), процедуры должны выполняться последовательно с учетом времени отдыха. Согласно ограничению (3), процедуры отпускаются в соответствии с графиком работы процедурного кабинета. На процесс приема процедур накладываются ограничения, обусловленные медико-техническими особенностями лечения (такие, как отношения непосредственного следования и несовместимости процедур).

Пусть P — множество процедур, которые могут быть назначены отдыхающему i , где $p \in P$ — процедура; существует отображение φ множества процедур P в упорядоченное множество $J_i(d)$, $\varphi: P \rightarrow J_i(d)$.

Ограничения, накладываемые на процедуры отдыхающему i , представим как отношения на множестве процедур P :

1) отношение непосредственного следования — процедура p' должна назначаться сразу за процедурой p :

$$c_1 = \{(p, p') \mid j, (j+1) \in J_i(d), \varphi^{-1}(j) = p, \varphi^{-1}(j+1) = p'\};$$

2) отношение следования — процедура p' должна назначаться после процедуры p :

$$c_2 = \{(p, p') \mid j, j' \in J_i(d), \varphi^{-1}(j) = p, \varphi^{-1}(j') = p', j < j'\};$$

3) отношение несовместимости — процедуры p' и p не должны назначаться в течение τ дней:

$$c_3 = \{(p, p', \tau) \mid j \in J_i(d), \varphi^{-1}(j) = p, \exists j' \in J_i(d), \varphi^{-1}(j') = p', d' + \tau > d\};$$

4) частные случаи отношения несовместимости: количество дней τ равно одному дню,

$$c_4 = \{(p, p') \mid j \in J_i(d), \varphi^{-1}(j) = p, \exists j' \in J_i(d), \varphi^{-1}(j') = p'\};$$

5) если прием процедуры p никак не связан с приемом процедуры p' , то никаких ограничений на них не накладывается, и они считаются независимыми.

2. Сформулируем основные критерии, которыми руководствуются лица, принимающие решения (ЛПР), при формировании расписания.

а) Суммарное время простоя при прохождении отдыхающим i процедур с учетом времени отдыха до и после приема процедур в течение дня d , где $d \in (D_1, D_2)$ — отчетный период времени:

$$L_i^{1(d)} = \sum_{j \in J_i^{(d)}} \left((\bar{t}_{i(j+1)}^{(d)} - \bar{t}_{ij}^{(d)}) - (t_{ij} + \max\{t''_{ij}, t'_{i(j+1)}\}) \right), \quad (4)$$

где $J_i = \cup_{d=d_{i1}}^{d_{i2}} J_i^{(d)}$.

Суммарное время простоя при прохождении всеми отдыхающими процедур с учетом времени отдыха до и после приема процедур в течение дня d :

$$L^{1(d)} = \sum_{i=1}^n L_i^{1(d)}. \quad (5)$$

В итоге, можно оценить средневзвешенные потери времени при прохождении процедур отдыхающими за отчетный период (D_1, D_2) :

$$\bar{L}^1 = \sum_{d=D_1}^{D_2} L^{1(d)} / \left(n(D_2 - D_1 + 1) \right). \quad (6)$$

б) Суммарное время простоя оборудования для процедуры j в течение дня d (7) и суммарное время простоя процедурных кабинетов за день d (8):

$$L_j^{2(d)} = \sum_{i \in I_j^{(d)}} (\bar{t}_{(i+1)j} - \bar{t}_{ij} - t_{ij}), \quad (7)$$

$$L^{2(d)} = \sum_{j=1}^m L_j^{2(d)}. \quad (8)$$

В итоге можно оценить средневзвешенное время простоя процедурных кабинетов:

$$\bar{L}^2 = \sum_{d=D_1}^{D_2} L^{2(d)} / \left(m(D_2 - D_1 + 1) \right). \quad (9)$$

в) Стабильное по дням расписание, для удобства отдыхающих. В случае $d = d_{i1}$ сначала минимизируется время простоя при прохождении отдыхающим i процедур

(10), затем — суммарное время простоя при прохождении всеми парами отдыхающих назначенных им процедур (11):

$$L_i^{1(d)} \rightarrow \min, \quad (10)$$

$$L_i^{1(d)} + L_l^{1(d)} \rightarrow \min, \quad i \neq l \quad i, l = 1, \dots, n. \quad (11)$$

Для остальных дней $d \in [d_{i1} + 1, d_{i2}]$ ставится задача поддержания «стабильности», или «ритмичности» приема ими отдельных процедур (12), а также можно посчитать средневзвешенное отклонение времени начала процедур от их «привычного» для отдыхающего значения (13):

$$L^3 = \sum_{i=1}^n \sum_{d=D_1}^{D_2-1} \sum_{j \in J_i^{(d)}} \left| \bar{t}_{ij}^{(d+1)} - \bar{t}_{ij}^{(d)} \right|, \quad (12)$$

$$\bar{L}^3 = L^3 / (Hn(D_2 - D_1)), \quad (13)$$

где $H = |\cup_{i=1}^n J_i|$ — мощность множества назначенных процедур.

3. Поставим задачу поддержки принятия решений в условиях определенности. Пусть L^r — значения критериев эффективности, x_i — стратегии принятия решения (варианты расписания). Предлагается расставлять веса критериев λ_r , $\sum_{r=1}^3 \lambda_r = 1$, которые определяют в количественной форме степень предпочтения r -го критерия по сравнению с другими критериями, на основе метода парных сравнений. Одним из подходов к решению таких многокритериальных задач управления является применение метода аддитивной оптимизации. Пусть $F_i(L_i^r) = \sum_{j=1}^n \lambda_r L_i^r$ — аддитивный критерий оптимальности. Тогда исходная задача сводится к задаче однокритериальной оптимизации, решая которую мы получаем искомое расписание.

Таким образом, в работе, представленной данным сообщением, рассмотрена проблема поддержки принятия решения при выборе наилучшей стратегии формирования расписания приема процедур отдыхающими в санаторно-курортном комплексе. Разработана математическая модель составления расписания, в которой учтены основные особенности лечебного процесса.

Данная работа осуществляется при частичной поддержке РФФИ, проект № 06-07-89228а.