# Разработка математической модели оценки эффективности деятельности медико-санитарных частей пенитенциарного здравоохранения с использованием метода анализа иерархий

**Дюжева Елена Викторовна** Старший научный сотрудник
Научно-исследовательский институт
Федеральной службы исполнения наказаний (г. Москва)

Модернизация системы организации медицинской помощи лицам с сердечно-сосудистыми заболеваниями, содержащимся в учреждениях уголовно-исполнительной системы (УИС), предполагает, что целевым приоритетом совершенствования кардиологической помощи в пенитенциарном здравоохранении является повышение эффективности деятельности медико-санитарных частей Федеральной службы исполнения наказаний Российской Федерации (МСЧ ФСИН России).

Система мониторинга эффективности деятельности, разрабатываемой для постоянного совершенствования качества медицинских услуг, на современном этапе является успешным инструментом управления любой организацией.

Эффективность работы любой системы здравоохранения включает сложную задачу улучшения медицинской, социальной и экономической результативности, учитывающей достоверную связь между результатами деятельности медицинских организаций и изменениями в состоянии здоровья населения.

**Цель исследования.** Разработка математической модели оценки эффективности деятельности медико-санитарных частей пенитенциарного здравоохранения.

**Методы исследования.** Для разработки математической модели применялся метод анализа иерархий (МАИ), основанный на анализе сложных систем взаимосвязанных компонент (ресурсы, желаемые исходы или цели, лица или группа лиц и т.д.) для принятия управленческих решений и прогнозирования возможных результатов [1,2].

МАИ является систематической процедурой для иерархического представления элементов, определяющих суть любой проблемы. Иерархия представляет собой определённый вид системы, основанный на предположении, что ее элементы могут группироваться по уровням. При этом элементы каждой группы находятся под влиянием элементом некоторой другой вполне определённой группы и, в свою очередь, оказывают влияние на элементы третьей группы. Суть метода состоит в декомпозиции проблемы на все более простые составляющие части и дальнейшей обработке последовательности суждений экспертов на основе парных сравнений [3,4,5]. Для этого заполняются матрицы парных сравнений показателей с учетом мнения экспертов, устанавливающих относительную важность элементов иерархии групп с использованием шкалы отношений. По данной шкале эксперт ставит в соответствие степень предпочтения одного сравниваемого объекта перед другим. Для оценки важности элементов иерархической модели используется девятибалльную шкала отношений, в соответствии с которой значение 1 соответствует одинаковой значимости элементов, а 9 — соответствует абсолютной значимости одного элемента над другим.

Суть математической обработки оценок экспертов по парным сравнениям матриц состоит в определении относительной значимости показателей по каждому из критериев иерархии. Относительная значимость выражается численно в виде вектора приоритетов. Полученные частные оценки показателей по каждому критерию взвешиваются с помощью вектора весов приоритетов

критериев, т.е. с учетом важности каждого из критериев. Суммарная оценка взвешенных по каждому из критериев оценок показателей и является итоговым весом показателя в структуре критерия.

Для вычисления вектора приоритетов матрицы парных сравнений проводится:

1. вычисление собственных векторов матриц путем нахождения среднегеометрического строк, заключающееся в перемножении n элементов строки и извлечении корня n степени, равной числу умноженных элементов

$a_1 = \sqrt[n]{\text{произведение элементов первой строки}}$,

$a_2 = \sqrt[n]{\text{произведение элементов второй строки}}$ и т.д.,

2. рассчитывается сумма средних геометрических:

$\sum = a_1 + a_2 + ... + a_n$

3. вычисляют компоненты нормализованного вектора приоритетов (НВП), т.е. проводят нормирование суммы средних геометрических к единице и вычисляют долю каждого собственного вектора (деление каждого собственного вектора матрицы на сумму средних геометрических):

$$\sum_{a_n - X}^{n} - 1 \longrightarrow X = a_n / \sum.$$

Учитывая субъективность мнений экспертов в парной оценке показателей, проверяют согласованность оценок матрицы. Для этого подсчитываются:

1) собственное максимальное значение каждой матрицы ( $\lambda_{max}$) по формуле:

$\lambda_{max}$ = ∑ элементов 1-го столбца × 1-й компонент НВП + ∑ элементов 2-го столбца × 2-й компонент НВП + ... + ∑ элементов n-го столбца × n-й компонент НВП;

2) индекс согласования: ИС = $\frac{\lambda max - n}{n-1}$,

где n — число сравниваемых элементов,

3) отношение согласованности: ОС = $\frac{ИС}{СИ}$,

где СИ — случайный индекс, является индексом согласованности для сгенерированных случайным образом величин по шкале от 1 до 9 положительной обратно симметрической матрицы. В таблице 1 приведены средние (модельные) значения СИ для матриц порядка n = 1:15.

Таблица 1.

Значения случайного индекса

| Размер матрицы | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| СИ | 0 | 0 | 0,58 | 0,90 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 |

Отношение ИС к среднему СИ для матрицы суждений того же порядка называется отношением согласованности (ОС).

Значение ОС  0,10 считается приемлемым порогом допустимой согласованности суждений. Если ОС ≥0,1, то необходимо уточнить данные в той или иной матрице суждений или исключить мнение эксперта из анализа.

Далее, в большинстве задач с использованием МАИ, путем математического процесса иерархического синтеза определяют наиболее предпочтительные для решения исходной проблемы альтернативы.

**Результаты и обсуждение.** Применение МАИ начинается с очерчивания проблемы исследования. Цель располагается в вершине, промежуточные уровни образуют критерии и факторы. В нашем случае проблемой (целью) исследования является оценка эффективности деятельности МСЧ, промежуточным уровнем — критерии ($Y_1$-$Y_5$), конечным уровнем — основные показатели критериев ($X_1$-$X_{23}$). В этом случае иерархическая структура оценки эффективности деятельности МСЧ ФСИН России будет иметь вид (рис. 1):

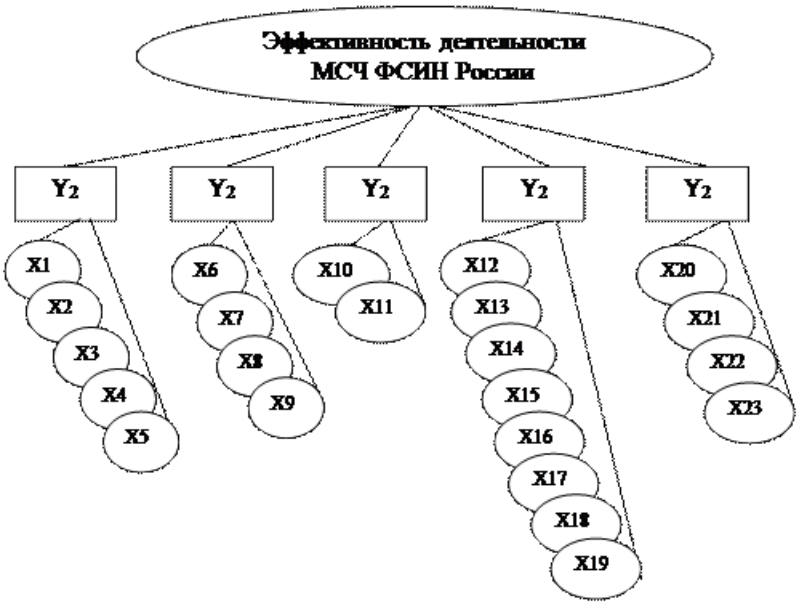


Рис. 1. Иерархическая структура оценки эффективности деятельности медико-санитарных частей ФСИН России по оказанию помощи больным с ССЗ, где

$Y_1$ — оснащение;

$Y_2$ — кадровый состав;

$Y_3$ — финансовое обеспечение;

$Y_4$ — лечебно-диагностический процесс;

$Y_5$ — исходы оказания медицинской помощи;

$X_1$ — доля филиалов, имеющих приложение к лицензии МСЧ на оказание первичной врачебной медико-санитарной помощи по: терапии;

$X_2$ — доля филиалов, имеющих приложение к лицензии МСЧ на оказание первичной врачебной медико-санитарной помощи по: лабораторной диагностике;

$X_3$ — оснащение филиалов тонометрами, электрокардиографами, флюорографами;

$X_4$ — оснащение Больницы МСЧ ФСИН России аппаратно-диагностическими комплексами суточного мониторирования ЭКГ и АД (Холтер, СМАД);

$X_5$ — доля филиалов, имеющих договоры с муниципальными медицинскими организациями на оказание медицинских услуг, в том числе кардиологического профиля, подозреваемым, обвиняемым, осужденным;

$X_6$ — фактическая укомплектованность МСЧ врачами—терапевтами от штатного расписания

(%);

$X_7$ — фактическая укомплектованность МСЧ средним медицинским персоналом (СМП) от штатного расписания;

$X_8$ — доля врачей—терапевтов, имеющих действующие сертификаты по специальности «Терапия» (в % от фактического числа врачей—терапевтов);

$X_9$ — доля врачей—терапевтов МСЧ ФСИН России, регулярно принимающих участие в научно-практических конференциях кардиологического профиля, в т.ч. интернет-конференциях, проводимых в рамках образовательных программ для врачей МЗ РФ;

$X_{10}$ — доля средств из объемов лимитов бюджетных обязательств, доводимых по квоте УОМСО, израсходованных на приобретение лекарственных препаратов (гипотензивные средства, нитраты, гипохолестеринемические, антиагреганты);

$X_{11}$ — доля средств из объемов лимитов бюджетных обязательств, израсходованных на оплату медицинской помощи кардиологического профиля, оказанной спецконтингенту в учреждениях государственной и муниципальной систем здравоохранения (определение маркеров ОИМ, СМЭКГ, СМАД, ЭХО-КГ, консультация кардиолога, высокотехнологичные виды обследования и лечения);

$X_{12}$ — доля медицинских карт амбулаторного больного, содержащих записи первичного осмотра вновь доставляемых в учреждение подозреваемых, обвиняемых, осужденных (оценить субъективно);

$X_{13}$ — соответствие объемов назначаемого лечения и обследования больных с ССЗ клиническим рекомендациям (протоколам) (оценить субъективно);

$X_{14}$ — доля филиалов, имеющих разработанные алгоритмы действий при неотложных состояниях (обострение ИБС, острый инфаркт миокарда, острые нарушения ритма сердца, кардиогенный/аритмогенный шок и др.);

$X_{15}$ — доля больных с ССЗ, несвоевременная госпитализация которых повлекла осложнение заболевания или летальный исход (от общего числа больных с ССЗ);

$X_{16}$ — доля больных, которым были выполнены высокотехнологичные виды кардиологической помощи (ВТКП) (от числа всех больных с ССЗ);

$X_{17}$ — доля больных с ССЗ, находящихся на диспансерном учете (от числа всех больных с ССЗ);

$X_{18}$ — % расхождения клинических и патологоанатомических диагнозов кардиологического профиля;

$X_{19}$ — доля жалоб, поступивших на рассмотрение в МСЧ от больных с ССЗ, на некачественное оказание или отказ в оказании медицинской помощи;

$X_{20}$ — распространенность ССЗ среди обслуживаемого контингента;

$X_{21}$ — общая доля инвалидов по ССЗ (от числа всех больных);

$X_{22}$ — доля больных с ССЗ, получивших первичную инвалидность в отчетном году;

$X_{23}$ — доля умерших от ССЗ среди всех больных.

Далее было составлено 6 матриц парных сравнений: 1 матрица — для критериев и 5 матриц — для показателей критериев. Оценка важности элементов матриц проводилась методом группового

обсуждения с использованием девятибалльной шкалы отношений. В качестве экспертов привлекались: главный внештатный кардиолог ФСИН России, сотрудники ФКУ НИИ ФСИН России и МСЧ-18 ФСИН России (всего 7 человек).

В каждой матрице вычислялись компоненты НВП и оценивалась согласованность мнения экспертов методом вычисления ОС (таблица 2-8).

Таблица 2.

**Матрица парных сравнений критериев «Эффективность деятельности МСЧ»**

| | $Y_1$ | $Y_2$ | $Y_3$ | $Y_4$ | $Y_5$ | Произведение (x) | $\sqrt[n]{x}$ | НВП |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Y_1$ | 1 | 1/5 | 1/2 | 1/3 | 1/6 | 0,006 | 0,359 | **0,054** |
| $Y_2$ | 5 | 1 | 4 | 2 | 1/2 | 20,0 | 1,820 | **0,276** |
| $Y_3$ | 2 | 1/4 | 1 | 1/3 | 1/5 | 0,033 | 0,505 | **0,077** |
| $4_4$ | 3 | 1/2 | 3 | 1 | 1/3 | 1,5 | 1,084 | **0,164** |
| $Y_5$ | 6 | 2 | 5 | 3 | 1 | 180,0 | 2,825 | **0,428** |
| Сумма | 17,0 4,65 26 6,7 2,095 7,192 | 3,95 | 13,5 | 6,667 | 2,200 | | 6,593 | **1** |

$\lambda_{max}$ =5,089; ИС =0,022; ОС=0,02

Таблица 3.

**Матрица парных сравнений показателей для критерия**

**«Оснащение МСЧ»**

| | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $X_5$ | Произведение (x) | $\sqrt[n]{x}$ | **НВП** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $X_1$ | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 18,0 | 1,7812 | **0,315** |
| $X_2$ | 1/3 | 1 | ½ | ½ | 1/3 | 0,028 | 0,489 | **0,086** |
| $X_3$ | 1/3 | 2 | 1 | 1 | 1/3 | 0,222 | 0,740 | **0,131** |
| $X_4$ | ½ | 2 | 1 | 1 | ½ | 0,5 | 0,870 | **0,154** |
| $X_5$ | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 18,0 | 1,782 | **0,315** |
| Сумма | 3,167 | 11,0 | 8,5 | 6,5 | 3,167 | | 5,663 | **1** |

$\lambda_{max}$=5,052; ИС=0,013; ОС=0,011

Таблица 4.

**Матрица парных сравнений показателей для критерия**

**«Кадровый состав»**

| | $X_6$ | $X_7$ | $X_8$ | $X_9$ | Произведение (x) | $\sqrt[n]{x}$ | **НВП** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $X_6$ | 1 | 2 | 3 | 3 | 18,0 | 2,059 | **0,455** |
| $X_7$ | ½ | 1 | 2 | 2 | 2,0 | 1,189 | **0,263** |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $X_8$ | 1/3 | ½ | 1 | 1 | 0,167 | 0,639 | **0,141** |
| $X_9$ | 1/3 | 1/2 | 1 | 1 | 0,167 | 0,639 | **0,141** |
| Сумма | 2,167 | 4,0 | 7,0 | 7,0 | | 4,526 | **1** |

$\lambda_{max}$=4,013; ИС=0,004; ОС=0,005

Таблица 5.

**Матрица парных сравнений показателей для критерия**

**«Финансовое обеспечение»**

| | $X_{10}$ | $X_{11}$ | Произв едение (x) | $\sqrt[n]{x}$ | **НВП** |
|---|---|---|---|---|---|
| $X_{10}$ | 1 | 3 | 3 | 1,732 | **0,757** |
| $X_{11}$ | 1/3 | 1 | 0,333 | 0,557 | **0,243** |
| Сумма | 1,333 | 4 | | 2,289 | **1** |

$\lambda_{max}$=1,981; ИС= - 0,018; ОС 0,1

Таблица 6.

**Матрица парных сравнений показателей для критерия**

**«Лечебно-диагностический процесс»**

| | $X_{12}$ | $X_{13}$ | $X_{14}$ | $X_{15}$ | $X_{16}$ | $X_{17}$ | $X_{18}$ | $X_{19}$ | Произве дение (x) | $\sqrt[n]{x}$ | **НВП** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $X_{12}$ | 1 | 1/6 | 1/5 | 1/7 | ¼ | 1/9 | 1/8 | 3 | 0,00005 | 0,289 | **0,023** |
| $X_{13}$ | 6 | 1 | 2 | ½ | 3 | 1/5 | ¼ | 6 | 5,4 | 1,234 | **0,096** |
| $X_{14}$ | 5 | ½ | 1 | 2/5 | 2 | 1/5 | ¼ | 5 | 0,25 | 0,840 | **0,065** |
| $X_{15}$ | 7 | 2 | 5 | 1 | 4 | 1/6 | 1/5 | 7 | 65,3 | 1,686 | **0,131** |
| $X_{16}$ | 4 | 1/3 | ½ | ¼ | 1 | 1/8 | 1/7 | 4 | 0,0119 | 0,574 | **0,045** |
| $X_{17}$ | 9 | 5 | 5 | 6 | 8 | 1 | 2 | 9 | 194400 | 4,582 | **0,357** |
| $X_{18}$ | 8 | 4 | 4 | 5 | 7 | ½ | 1 | 8 | 17920 | 3,401 | **0,265** |
| $X_{19}$ | 1/3 | 1/6 | 1/5 | 1/7 | 1/4 | 1/9 | 1/8 | 1 | 0,00001 | 0,237 | **0,018** |
| Сумма | 40,333 | 13,167 | 17,9 | 13,236 | 25,5 | 2,414 | 4,093 | 43,0 | | 12,843 | **1** |

$\lambda_{max}$= 8,959; ИС= 0,137; ОС= 0,097

Таблица 7.

**Матрица парных сравнений показателей**

**для критерия"Исходы"**

| | $X_{20}$ | $X_{21}$ | $X_{22}$ | $X_{23}$ | Произв едение (x) | $\sqrt[n]{x}$ | **НВП** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $X_{20}$ | 1 | 5 | 2 | 3 | 7,5 | 1,654 | **0,286** |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $X_{21}$ | 1/5 | 1 | 1/7 | 1/5 | 0,006 | 0,278 | **0,048** |
| $X_{22}$ | 1/3 | 5 | 1/7 | 1 | 0,238 | 0,698 | **0,121** |
| $X_{23}$ | 2 | 7 | 1 | 7 | 98,8 | 3,146 | **0,545** |
| Сумма | 3,533 | 18,0 | 11,2 | 1,786 | | 5,776 | **1** |

$\lambda_{max}$=4,204; ИС=0,068; ОС=0,075

В результате полученных действий получены компоненты НВП в каждой матрице или весовые коэффициенты критериев и их показателей.

Далее, для решения задачи по оценке эффективности деятельности МСЧ ФСИН России по оказания помощи больным с ССЗ, нами предложено вычисление интегрального индекса (ИИ), рассчитываемого как сумма произведений итогового весового коэффициента каждого показателя в группе соответствующего критерия на показатель деятельности МСЧ, представляемый в %. При этом, итоговый весовой коэффициент (ИВК) каждого показателя рассчитывается как произведение весового коэффициента (компонента НВП) показателя и весового коэффициента (компонента НВП) соответствующего критерия (таблица 8).

Таблица 8.

**Итоговые весовые коэффициенты критериев и их показателей**

| Критерий | НВП критерия | $X_n$ | НВП показателя | ИВК показателя |
|---|---|---|---|---|
| Оснащение МСЧ | 0,054 | $X_1$ | 0,315 | 0,017 |
| | | $X_2$ | 0,086 | 0,004 |
| | | $X_3$ | 0,131 | 0,007 |
| | | $X_4$ | 0,154 | 0,0083 |
| | | $X_5$ | 0,315 | 0,017 |
| Кадровый состав | 0,28 | $X_6$ | 0,455 | 0,1274 |
| | | $X_7$ | 0,263 | 0,074 |
| | | $X_8$ | 0,141 | 0,040 |
| | | $X_9$ | 0,141 | 0,040 |
| Финансовое обеспечение | 0,077 | $X_{10}$ | 0,757 | 0,060 |
| | | $X_{11}$ | 0,243 | 0,0187 |
| Лечебно-диагностический процесс | 0,164 | $X_{12}$ | 0,023 | 0,0037 |
| | | $X_{13}$ | 0,096 | 0,0157 |
| | | $X_{14}$ | 0,065 | 0,011 |
| | | $X_{15}$ | 0,131 | 0,0214 |
| | | $X_{16}$ | 0,045 | 0,0074 |
| | | $X_{17}$ | 0,357 | 0,0585 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | $X_{18}$ | 0,265 | 0,0434 |
| | | $X_{19}$ | 0,018 | 0,003 |
| Исходы | 0,428 | $X_{20}$ | 0,286 | 0,1224 |
| | | $X_{21}$ | 0,048 | 0,0205 |
| | | $X_{22}$ | 0,121 | 0,0517 |
| | | $X_{23}$ | 0,545 | 0,2332 |

Исходя из полученных итоговых весовых коэффициентов каждого показателя, рассчитываем значение итогового интегрального индекса (ИИ) оценки эффективности деятельности МСЧ по оказанию помощи больным с сердечно-сосудистыми заболеваниями по формуле, в которой суммируются произведения итоговых весовых показателей и данных МСЧ по показателям с положительной характеристикой) и вычитаются эти произведения по показателям с отрицательной характеристикой:

$$ИИ = 0{,}017\times X_1 + 0{,}004\times X_2 + 0{,}007\times X_3 + 0{,}0083\times X_4 + 0{,}017\times X_5 + 0{,}1274\times X_6 + 0{,}074\times X_7 + 0{,}040\times X_8 + 0{,}040\times X_9 + 0{,}060\times X_{10} + 0{,}0187\times X_{11} + 0{,}0037\times X_{12} + 0{,}0157\times X_{13} + 0{,}011\times X_{14} - 0{,}0214\times X_{15} + 0{,}0074\times X_{16} + 0{,}0585\times X_{17} - 0{,}0434\times X_{18} - 0{,}0029\times X_{19} - 0{,}1224\times X_{20} - 0{,}0205\times X_{21} - 0{,}0517\times X_{22} - 0{,}2332\times X_{23}.$$

Как представляется, расчет ИИ в оценке деятельности МСЧ ФСИН России может стать эффективным элементом контроля качества медицинской помощи, оказываемой в МСЧ ФСИН России. Внедрение этого расчетного показателя позволит сформировать рейтинг МСЧ с учетов кадрового ресурса, финансово-экономической деятельности, лечебного процесса и его исходов, а своевременный мониторинг величины ИИ обеспечит успешное управление основными направлениями медицинской деятельности в пенитенциарном здравоохранении.

**Литература**


1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе / М.: Радио и связь, 1993. — 278 с.
2. Гуляшинов А.Н. Теория принятия решений в сложных социотехнических системах: учеб. пособие / А.Н. Гуляшинов, В.А. Тененев, Б.А. Якимович. Ижевск: ИжГТУ, 2005. — 280 с.
3. Применение метода анализа иерархий в практике психосоциальной реабилитации и в программе дестигматизации: методические рекомендации / Ястребов В.С., Митихин В.Г., Михайлова И.И. и др. М.: ЗАО Юстицинформ, 2009. — 26 с.
4. Клентак Л.С. Элементы теории вероятностей и математической статистики: учеб. пособие / Л.С. Клентак. Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2013. — 156 с.
5. Рушайло М. Ф. Элементы теории вероятностей и математической статистики: учеб. пособие / под ред. М. Ф. Жуковой. М., 2008. — 204 с.