



С.А. Тарасова

*Курский государственный медицинский университет,
г. Курск, Российская Федерация*

В.В. Тарасов

*Курская клиническая психиатрическая больница,
г. Курск, Российская Федерация*

Реализация метода анализа иерархий в дифференциальной диагностике заболеваний

Аннотация. Ранняя и точная диагностика заболеваний является приоритетной задачей практического здравоохранения, особенно актуальной для новых заболеваний и заболеваний с неявной и смешанной симптоматикой, решению которой в настоящее время посвящено большое количество научных изысканий. Статья является логическим продолжением серии исследований подходов к диагностике заболеваний на основе метода анализа иерархий и посвящена адаптации метода анализа иерархий для дифференциальной диагностики заболеваний. В работе представлена адаптированная шкала парных сравнений для заболеваний, разработан расчетно-вычислительный алгоритм дифференциальной диагностики заболеваний, введены понятия «вес заболевания», «риск заболевания» в рамках классического метода анализа иерархий. Подход прошел апробацию на основе клинического случая психического расстройства, показал достаточную эффективность и может быть рекомендован к использованию в практике врача в наиболее проблемных ситуациях выбора альтернативного диагноза.

Ключевые слова. Метод анализа иерархий, шкала парных сравнений, дифференциальная диагностика, вес заболевания, риск заболевания.

Информация о статье. Дата поступления: 15 апреля 2025 г.; дата принятия к публикации: 11 июня 2025 г.; дата онлайн-размещения: 8 июля 2025 г.

Original article

S.A. Tarasova

*Kursk State Medical University,
Kursk, Russian Federation*

V.V. Tarasov

*Kursk Clinical Psychiatric Hospital,
Kursk, Russian Federation*

Implementation of Analytic Hierarchy Process in Differential Diagnostics of Diseases

Abstract. Early and accurate diagnostics of diseases is a priority task of practical health care, especially relevant for new diseases and diseases with latent and mixed symptoms, the solution of which is currently the subject of a great number of scientific researches. The article is a logical continuation of a series of studies on approaches to diagnostics of diseases based on the analytic hierarchy process and is devoted to the

adaptation of the analytic hierarchy process for differential diagnostics of diseases. The paper presents an adapted pairwise comparison scale for diseases, develops a computational algorithm for differential diagnostics of diseases, introduces the concepts of "disease weight" and "disease risk" within the framework of the classical analytic hierarchy process. The approach is tested on the basis of a clinical case of a mental disorder, showed sufficient efficiency and can be recommended for use in medical practice in the most problematic situations of choosing an alternative diagnosis.

Keywords. Analytic hierarchy process, pairwise comparison scale, differential diagnostics, disease weight, disease risk.

Article info. Received 15 April, 2025; Accepted 11 June, 2025; Available online 8 July, 2025.

В медицинской практике существует большой спектр заболеваний, у которых клинические проявления неявны и смешаны, отсутствует выраженная симптоматика и четкие диагностические критерии, что в значительной степени осложняет диагностический процесс и дальнейшее прогнозирование. Для таких заболеваний ученые предлагают проводить комплексную поэтапную диагностику с включением различных методик и процедур. Поэтому на сегодняшний день актуален поиск новых и усовершенствование старых методов, обеспечивающих большую точность и объективность в постановке диагноза.

Одним из инструментов системного анализа принятия решений в сложных ситуациях альтернативного выбора является метод анализа иерархий [1]. В литературе его применение в диагностике заболеваний рассматривается с разных позиций. Так, в работе [2] метод используется для выбора ключевых параметров диагностики заболевания с наиболее эффективным соотношением обозначенных критериев, исследование [3] посвящено расчету прогностического индекса, который позволяет осуществить скрининг и прогнозирование развития патологии, модифицированный авторами статьи [4] метод анализа иерархий позволяет получать ранжированные рекомендации решений для реализации диагностического процесса. В нашей работе [5] обоснован подход к диагностике заболеваний на основе метода анализа иерархий, заключающийся в сравнении весовых структур симптомов предполагаемого заболевания и симптомов, наблюдаемых у больного, такой подход не устанавливает один из альтернативных диагнозов, а лишь подтверждает (или опровергает) предполагаемый диагноз. В настоящем исследовании предложена адаптация метода анализа иерархий для дифференциальной диагностики заболеваний, то есть для установления одного из альтернативных диагнозов.

Цель исследования — разработать и апробировать подход к дифференциальной диагностике заболеваний на основе метода анализа иерархий.

В основе метода анализа иерархий [1] лежит парное сравнение критериев по шкале предпочтений, вычисление структуры си-

стемы критериев и выбор наилучшей альтернативы в рамках обозначенной системы критериев. В настоящем исследовании в качестве критериев выступают симптомы в количестве n , имеющиеся у больного, а в качестве альтернатив — m заболеваний, которые необходимо дифференцировать.

Рассмотрим основные *теоретические аспекты* реализации подхода.

Для симптомов, наблюдаемых у пациента, рассчитывается их весовая структура w_1, w_2, \dots, w_n . Эта процедура подробно описана в работе [5].

На следующем этапе с помощью шкалы предпочтений (табл. 1) составляются матрицы парных сравнений заболеваний по каждому симптому (табл. 2).

Таблица 1

Шкала предпочтений для заболеваний по симптому

Приоритет a_{ij}	Пояснения
1	Одинаковый риск альтернативных заболеваний по отдельному симптому
3	Умеренное превосходство i -го заболевания над j -ым
5	Существенное или сильное превосходство i -го заболевания
7	Значительное превосходство i -го заболевания
9	Абсолютное превосходство i -го заболевания
2, 4, 6, 8	Промежуточные степени превосходства, значения попадают в интервал между определенными выше баллами значимости

Таблица 2

Матрица парных сравнений заболеваний по симптому

Симптом k	Заболевание 1	Заболевание 2	...	Заболевание m
Заболевание 1	$a_{11} = 1$	a_{12}	...	a_{1m}
Заболевание 2	$a_{21} = \frac{1}{a_{12}}$	$a_{22} = 1$...	a_{2m}
...
Заболевание m	$a_{m1} = \frac{1}{a_{1m}}$	$a_{m2} = \frac{1}{a_{2m}}$...	$a_{mm} = 1$

Вес заболевания по отдельному симптому рассчитывается по формуле

$$\omega_{ik} = \frac{\sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}}{\sum_{i=1}^m \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}}, \text{ где } k = \overline{1; n} \quad (1).$$

Это удобно делать, заполняя расчетную табл. 3.

Таблица 3

Расчетная таблица весов заболеваний по симптому

Симптом k	Заболевание 1	Заболевание 2	...	Заболевание m	$\sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}$	ω_{ik}
Заболевание 1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1m}	$\sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{1j}}$	ω_{1k}
Заболевание 2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2m}	$\sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{2j}}$	ω_{2k}
...
Заболевание m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mm}	$\sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{mj}}$	ω_{mk}
$\sum_{i=1}^m a_{ij}$	$\sum_{i=1}^m a_{i1}$	$\sum_{i=1}^m a_{i2}$...	$\sum_{i=1}^m a_{im}$	$\sum_{i=1}^m \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m a_{ij}}$	$\sum_{i=1}^m \omega_{ik} = 1$

Далее устанавливается отношение согласованности (ОС) суждений эксперта по формуле

$$OC = \frac{\left(\sum_{i=1}^m a_{i1} \cdot \omega_{1k} + \sum_{i=1}^m a_{i2} \cdot \omega_{2k} + \dots + \sum_{i=1}^m a_{im} \cdot \omega_{mk} \right) - m}{(m-1) \cdot CC},$$

$$\text{где } k = \overline{1; n} \quad (2),$$

случайная согласованность (СС) находится из табл. 4.

Таблица 4

Случайная согласованность

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
СС	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

При $OC < 0,1$ оценки эксперта считаются согласованными. При $m = 2$ оценки всегда согласованы.

Риск каждого заболевания рассчитывается по формуле

$$R_i = \sum_{k=1}^n \omega_{ik} \cdot w_k,$$

$$\text{где } i = \overline{1; m}. \quad (3)$$

Это удобно делать, заполняя табл. 5.

Таблица 5

Расчетная таблица риска заболеваний

Риск	Симптом 1 w_1	Симптом 2 w_2	...	Симптом n w_n	R_i
Заболевание 1	ω_{11}	ω_{12}	...	ω_{1n}	R_1
Заболевание 2	ω_{21}	ω_{22}	...	ω_{2n}	R_2
...
Заболевание m	ω_{m1}	ω_{m2}	...	ω_{mn}	R_m

Предпочтение в выборе диагноза следует отдать заболеванию с наибольшим значением риска.

Рассмотрим на конкретном примере *практическую реализацию* предложенной методики, которая, несомненно, актуальна для психических расстройств, высокая схожесть симптомов и сочетанное проявление которых вызывают немалые трудности в постановке диагноза у психиатров. Поэтому продолжим разбирать клинический случай психического расстройства, описанный в предыдущем исследовании [5]: «Женщина, 35 лет, обратилась с жалобами на стойкое беспокойство за свое здоровье, страх умереть от сердечного приступа, хотя проблем с сердцем никогда не имела и у кардиолога не наблюдалась. Однако пережила смерть отца от инфаркта, а за месяц до обращения стала свидетелем, как бригада скорой помощи забрала с автобусной остановки мужчину с сердечным приступом. После чего стала тревожной, раздражительной, нарушился сон, появились жалобы на повышенную утомляемость, учащенное сердцебиение, чувство нехватки воздуха».

Весовая структура симптомов приведенного расстройства представлена следующим образом [5] (табл. 6).

Таблица 6

Весовая структура симптомов психического расстройства у пациента (w_k)

Тревога	Повышенная бдительность	Мышечное напряжение	Нарушения сна	Гиперактивность вегетативной нервной системы	Сложности в концентрации внимания	Раздражительность
0,25	0,25	0,09	0,14	0,16	0,04	0,07

Этот случай интересен тем, что сочетание и распределение симптомов характерно для нескольких психических расстройств, поэтому психиатры не смогли прийти к единому решению на ос-

нове категориальных методов диагностики, рассматривались два альтернативных диагноза — генерализованное тревожное расстройство (ГТР) и депрессивное расстройство (ДР). В табл. 7–13 представлены матрицы парных сравнений заболеваний ($i = 1; 2$) по всем ведущим симптомам ($k = 1; 7$), заполненные врачами-экспертами по шкале предпочтений, по формуле (1) рассчитаны веса заболеваний по каждому симптому. Так как имеем два заболевания, то отношение согласованности (формула (2)) не считаем.

Таблица 7

Матрица парных сравнений ГТР и ДР по симптому Тревога

Тревога	ГТР	ДР	$\sqrt{a_{i1} \cdot a_{i2}}$	ω_{i1}
ГТР	$a_{11} = 1$	$a_{12} = 3$	$\sqrt{1 \cdot 3} = 1,73$	$\omega_{11} = \frac{1,73}{2,31} = 0,75$
ДР	$a_{21} = \frac{1}{3}$	$a_{22} = 1$	$\sqrt{\frac{1}{3} \cdot 1} = 0,58$	$\omega_{21} = \frac{0,58}{2,31} = 0,25$
—	—	—	$1,73 + 0,58 = 2,31$	$\omega_{11} + \omega_{21} = 0,75 + 0,25 = 1$

Таблица 8

**Матрица парных сравнений ГТР и ДР по симптому
Повышенная бдительность**

Повышенная бдительность	ГТР	ДР	$\sqrt{a_{i1} \cdot a_{i2}}$	ω_{i2}
ГТР	$a_{11} = 1$	$a_{12} = 7$	$\sqrt{1 \cdot 7} = 2,65$	$\omega_{12} = \frac{2,65}{3,03} = 0,875$
ДР	$a_{21} = \frac{1}{7}$	$a_{22} = 1$	$\sqrt{\frac{1}{7} \cdot 1} = 0,38$	$\omega_{22} = \frac{0,38}{3,03} = 0,125$
—	—	—	$2,65 + 0,38 = 3,03$	$\omega_{12} + \omega_{22} = 0,875 + 0,125 = 1$

Таблица 9

**Матрица парных сравнений ГТР и ДР по симптому
Мышечное напряжение**

Мышечное напряжение	ГТР	ДР	$\sqrt{a_{i1} \cdot a_{i2}}$	ω_{i3}
ГТР	$a_{11} = 1$	$a_{12} = 5$	$\sqrt{1 \cdot 5} = 2,24$	$\omega_{13} = \frac{2,24}{2,69} = 0,83$
ДР	$a_{21} = \frac{1}{5}$	$a_{22} = 1$	$\sqrt{\frac{1}{5} \cdot 1} = 0,45$	$\omega_{23} = \frac{0,45}{2,69} = 0,17$
—	—	—	$2,24 + 0,45 = 2,69$	$\omega_{13} + \omega_{23} = 0,83 + 0,17 = 1$

Таблица 10

Матрица парных сравнений ГТР и ДР по симптому Нарушения сна

Нарушения сна	ГТР	ДР	$\sqrt{a_{i1} \cdot a_{i2}}$	ω_{i4}
ГТР	$a_{11} = 1$	$a_{12} = \frac{1}{3}$	$\sqrt{1 \cdot \frac{1}{3}} = 0,58$	$\omega_{14} = \frac{0,58}{2,31} = 0,25$
ДР	$a_{21} = 3$	$a_{22} = 1$	$\sqrt{3 \cdot 1} = 1,73$	$\omega_{24} = \frac{1,73}{2,31} = 0,75$
—	—	—	$0,58 + 1,73 = 2,31$	$\omega_{14} + \omega_{24} = 0,25 + 0,75 = 1$

Таблица 11

Матрица парных сравнений ГТР и ДР по симптому
Гиперактивность вегетативной нервной системы

Гиперактивность вегетативной нервной системы	ГТР	ДР	$\sqrt{a_{i1} \cdot a_{i2}}$	ω_{i5}
ГТР	$a_{11} = 1$	$a_{12} = 1$	$\sqrt{1 \cdot 1} = 1$	$\omega_{15} = \frac{1}{2} = 0,5$
ДР	$a_{21} = 1$	$a_{22} = 1$	$\sqrt{1 \cdot 1} = 1$	$\omega_{25} = \frac{1}{2} = 0,5$
—	—	—	$1 + 1 = 2$	$\omega_{15} + \omega_{25} = 0,5 + 0,5 = 1$

Таблица 12

Матрица парных сравнений ГТР и ДР по симптому
Сложности в концентрации внимания

Сложности в концентрации внимания	ГТР	ДР	$\sqrt{a_{i1} \cdot a_{i2}}$	ω_{i6}
ГТР	$a_{11} = 1$	$a_{12} = \frac{1}{5}$	$\sqrt{1 \cdot \frac{1}{5}} = 0,45$	$\omega_{16} = \frac{0,45}{2,69} = 0,17$
ДР	$a_{21} = 5$	$a_{22} = 1$	$\sqrt{5 \cdot 1} = 2,24$	$\omega_{26} = \frac{2,24}{2,69} = 0,83$
—	—	—	$0,45 + 2,24 = 2,69$	$\omega_{16} + \omega_{26} = 0,17 + 0,83 = 1$

Таблица 13

Матрица парных сравнений ГТР и ДР по симптому
Раздражительность

Раздражительность	ГТР	ДР	$\sqrt{a_{i1} \cdot a_{i2}}$	ω_{i7}
ГТР	$a_{11} = 1$	$a_{12} = 1$	$\sqrt{1 \cdot 1} = 1$	$\omega_{17} = \frac{1}{2} = 0,5$
ДР	$a_{21} = 1$	$a_{22} = 1$	$\sqrt{1 \cdot 1} = 1$	$\omega_{27} = \frac{1}{2} = 0,5$
—	—	—	$1 + 1 = 2$	$\omega_{17} + \omega_{27} = 0,5 + 0,5 = 1$

В итоговой табл. 14 по формуле (3) рассчитан риск каждого заболевания для приведенного клинического случая психического расстройства.

Таблица 14

Риск заболеваний ГТР и ДР у пациента

Риск	Тревога	Повышенная бдительность	Мышечное напряжение	Нарушения сна	Гиперактивность вегетативной нервной системы	Сложности в концентрации внимания	Раздражительность	R_i
	0,25	0,25	0,09	0,14	0,16	0,04	0,07	
ГТР	0,75	0,875	0,83	0,25	0,5	0,17	0,5	0,64
ДР	0,25	0,125	0,17	0,75	0,5	0,83	0,5	0,36

$$R_1 = 0,75 \cdot 0,25 + 0,875 \cdot 0,25 + 0,83 \cdot 0,09 + 0,25 \cdot 0,14 + 0,5 \cdot 0,16 + 0,17 \cdot 0,04 + 0,5 \cdot 0,07 = 0,64,$$

$$R_2 = 0,25 \cdot 0,25 + 0,125 \cdot 0,25 + 0,17 \cdot 0,09 + 0,75 \cdot 0,14 + 0,5 \cdot 0,16 + 0,83 \cdot 0,04 + 0,5 \cdot 0,07 = 0,36.$$

Расчеты показывают, что в приведенном клиническом случае у пациента следует диагностировать генерализованное тревожное расстройство, а не депрессивное.

Таким образом, предложенный подход показал достаточную эффективность в сложных ситуациях выбора альтернативного диагноза, в которых традиционные методы диагностики оказались не состоятельными. Трудности в реализации подхода могут возникнуть в корректном и согласованном оценивании заболеваний по отдельным симптомам, осуществлении большого объема расчетно-вычислительной работы. Дальнейший научный поиск нам видится в программной реализации разработанных подходов к принятию диагностических решений на основе метода анализа иерархий, что позволит сократить время на выполнение расчетно-вычислительной работы и даст возможность тестирования предложенных методик на большом количестве пациентов, повышая тем самым их валидность.

Список использованной литературы

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. — Москва : Радио и связь, 1993. — 278 с.
2. Серобапов А.С. Выбор ключевых параметров для диагностики заболевания печени на основе метода анализа иерархий / А.С. Серобапов. — DOI 10.34822/1999-7604-2022-3-57-65. — EDN FJFNFA // Вестник кибернетики. — 2022. — № 3(47). — С. 57–65.

3. Способ прогнозирования развития туберкулеза у ВИЧ-инфицированных, содержащихся в пенитенциарных учреждениях / М.Е. Вострокнутов, С.Б. Пономарев, Е.В. Дюжева, Е.Л. Аверьянова. — DOI 10.17816/KMJ2020-919. — EDN QHCBOE // Казанский медицинский журнал. — 2020. — Т. 101, № 6. — С. 919–925.

4. Артеменко М.В. Применение самоорганизационного метода анализа иерархий в автоматизированных системах поддержки принятия диагностических решений / М.В. Артеменко, В.Н. Мишустин. — EDN YOLCXR // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. — 2018. — Т. 8, № 3(28). — С. 109–118.

5. Тарасова С.А. Метод анализа иерархий в диагностике заболеваний / С.А. Тарасова, В.В. Тарасов. — DOI 10.17587/it.30.367-371. — EDN MOOLKM // Информационные технологии. — 2024. — Т. 30, № 7. — С. 367–371.

References

1. Saati T. *Decision Making for Leaders : the Analytical Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. Pittsburgh, University of Pittsburgh, 1988. 291 p. (Russ. ed.: Saati T. *Decision Making: Analytic Hierarchy Process*. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 1993. 278 p.).

2. Serobabov A.S. Selecting Key Parameters for the Diagnosis of Liver Disease Based on the Analytic Hierarchy Process. *Vestnik kibernetiki = Bulletin of Cybernetics*, 2022, no. 3, pp. 57–65. (In Russian). EDN: FJFNFA DOI: 10.34822/1999-7604-2022-3-57-65.

3. Vostroknutov M.E., Ponomarev S.B., Dyuzheva E.V., Averyanova E.L. Method for Predicting the Development of Tuberculosis in Persons Infected With HIV and Held in Penitentiary Institutions. *Kazanskii meditsinskii zhurnal = Kazan Medical Journal*, 2020, vol. 101, no. 6, pp. 919–925. (In Russian). EDN: QHCBOE. DOI: 10.17816/KMJ2020-919.

4. Artemenko M.V., Mishustin V.N. Application of the Self-Organizational Method of the Analysis of Hierarchies in the Automated Systems of Support of Adoption of Diagnostic Decisions. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*, 2018, vol. 8, no. 3, pp. 109–118. (In Russian). EDN: YOLCXR.

5. Tarasova S.A., Tarasov V.V. Analytic Hierarchy Process in Diagnostics of Diseases. *Informatsionnye tekhnologii = Information Technologies*, 2024, vol. 30, no. 7, pp. 367–371. (In Russian). EDN: MOOLKM. DOI: 10.17587/it.30.367-371.

Информация об авторах

Тарасова Светлана Анатольевна — кандидат педагогических наук, доцент, кафедра физики, информатики и математики, Курский государственный медицинский университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: shedrina19@bk.ru.

Тарасов Вадим Владимирович — врач-психиатр, Курская клиническая психиатрическая больница, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: vadim.v.tarasov@gmail.com.

Information about the Authors

Svetlana A. Tarasova — PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Physics, Informatics and Mathematics, Kursk State Medical University, Kursk, Russian Federation, e-mail: shedrina19@bk.ru.

Vadim V. Tarasov — Psychiatrist, Kursk Clinical Psychiatric Hospital, Kursk, Russian Federation, e-mail: vadim.v.tarasov@gmail.com.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the Authors

The authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Для цитирования

Тарасова С.А. Реализация метода анализа иерархий в дифференциальной диагностике заболеваний / С.А. Тарасова, В.В. Тарасов. — DOI 10.17150/2713-1734.2025.7(2).194-203. — EDN JOCKOG // *System Analysis & Mathematical Modeling*. — 2025. — Т. 7, № 2. — С. 194–203.

For Citation

Tarasova S.A., Tarasov V.V. Implementation of Analytic Hierarchy Process in Differential Diagnostics of Diseases. *System Analysis & Mathematical Modeling*, 2025, vol. 7, no. 2, pp. 194–203. (In Russian). EDN: JOCKOG. DOI: 10.17150/2713-1734.2025.7(2).194-203.