

Системный анализ в медицине и биологии

Использование методики корреляционной адаптометрии для оценки эффективности проведенного лечения

М.И. Шпитонков

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»
Российской академии наук», г. Москва, Россия

Аннотация. Методом корреляционной адаптометрии проведена обработка физиолого-биохимических данных у больных с различной степенью ожирения в процессе диетотерапии, а также у больных с различными видами операций на сердце. Показана эффективность применения диетотерапии и оценена эффективность проведенных операций с помощью методики корреляционной адаптометрии.

Ключевые слова: уравнение Колмогорова-Фоккера-Планка, корреляционная адаптометрия, вес корреляционного графа, метаболический синдром, дисперсия.

DOI: 10.14357/20790279250206 **EDN:** ONINEO

Введение

Изменение корреляций между физиологическими параметрами организма при изменении интенсивности воздействия внешней среды на популяцию может считаться достаточно проверенным научным фактом эмпирического характера [1].

Подход к оценке этого воздействия был назван методом корреляционной адаптометрии. Попытка конструирования подхода для объяснения этого метода на уровне математического моделирования, базирующаяся на использовании принципов эволюционной оптимальности и адаптации в условиях полифакториальности, нашли своё отражение в работах [1,7], где помимо чисто теоретических результатов представлена также методика корреляционного анализа конкретных данных.

Исследования, связанные с практическими применениями данного метода для оценки эффективности лечения некоторых заболеваний были продолжены рядом авторов [2,3,4,5,9,12-15]. В

этих работах показано, что при различных методиках проведенного лечения уровень корреляций между физиологическими параметрами организма уменьшается тем сильнее, чем эффективнее терапия. Так, например метод корреляционной адаптометрии применяли при изучении послеоперационной реабилитации онкологических больных [8]. Он позволил не только выявить общие закономерности восстановления функций в послеоперационный период, но и определить критические дни, в которые возможно резкое ухудшение состояния больного. В последнее время методика корреляционной адаптометрии стала использоваться не только в медицине и биологии, но и в экономике и финансах. В этих областях на ее основе, например, предсказывают экономические кризисы [6,7,16].

В работе [11] на основе методов эволюционной оптимальности была построена и обоснована диффузионная модель корреляционной адаптоме-

трии для n -мерной выпуклой области параметров биологической популяции.

Эффект изменения корреляций касается не только и не столько самих физиолого-биохимических параметров, сколько системы взаимосвязей между ними. Обычно критерий интенсивности адаптации рассчитывают, оценивая связанность анализируемых параметров, с помощью веса корреляционного графа: $G = \sum |r_{i,j}|$, где $r_{i,j}$ - попарные коэффициенты корреляции. В этой работе мы покажем, что можно пользоваться также и дисперсиями, причем характер изменения дисперсии прямо противоположен изменению G .

1. Диффузионная модель со сносом и ее применение к задаче корреляционной адаптометрии

Рассматривается абстрактная популяция, особи которой отличаются не только своим местоположением в пространстве, но и значениями некоторых индивидуальных параметров. Считаем, что число этих параметров конечно, они непрерывны и ограничены, так что каждый их набор может быть описан некоторым элементом $x \in \Omega \subset R^n$ (n -число рассматриваемых параметров). При этом область Ω (гомеостазиса) считается фиксированной.

Далее, будем считать, что изменения параметров отдельной особи могут быть описаны непрерывным диффузионным марковским процессом. Тогда плотность распределения численности популяции $u(x, t)$ в области пространства параметров, будет удовлетворять уравнению Колмогорова-Фоккера-Планка

$$\partial_t u = -(\nabla, \vec{b}u) + a\Delta u. \quad (1)$$

Здесь $u = u(x, t)$, $a > 0$ коэффициент диффузии, $\vec{b} \neq 0$ - n -мерный - вектор направленного сноса, моделирующий внешнее воздействие, $x = (x_1, \dots, x_n) \in \Omega \subset R^n$, $t \in R_+$, $\nabla = (\partial_{x_1}, \dots, \partial_{x_n})$, $\partial_{x_i} = \partial / \partial x_i$, $\Delta = (\nabla, \nabla)$ - оператор Лапласа по x . Считается, что ограниченная область Ω имеет достаточно гладкую границу $\partial\Omega$, на которой существует единственная точка $s(\vec{b}) \in \partial\Omega$ такая, что вектор внешней нормали к границе в этой точке совпадает как по направлению, так и по знаку с вектором $\vec{b}$, причем вся область находится по одну сторону от $s(\vec{b})$ по направлению $\vec{b}$. Будем считать, что ортогональная система координат в R^n выбрана таким образом, что $s(\vec{b})$ находится в её начале, а $-x_n$ совпадает с направлением вектора $\vec{b}$, так что $\vec{b} = -be_n$, где $b > 0$, а e_n - единичный вектор в направлении x_n .

Для граничных условий непроницаемости

$$(bu - a\nabla u, \nu)|_{\partial\Omega} = 0 \quad (2)$$

где ν - вектор внешней нормали к $\partial\Omega$ существует единственное стационарное решение задачи (1) вида:

$$u(x) = v(x_n) = v_0 e^{-\frac{bx_n}{a}} \quad (3)$$

Математической моделью измеряемых в задачах корреляционной адаптометрии величин являются наборы линейных функций

$$\varphi = \sum_{i=1}^n \varphi_i x_i, \quad \psi = \sum_{i=1}^n \psi_i x_i \quad (4)$$

с ненулевым набором компонент, а моделью определяющих значимые свойства адаптации статистических характеристик (вес корреляционного графа и т. п.) - их коэффициенты корреляции по распределению (3):

$$K(\varphi, \psi) = \frac{M[(\varphi - M\varphi)(\psi - M\psi)]}{(M[(\varphi - M\varphi)^2]M[(\psi - M\psi)^2])^{1/2}} \quad (5)$$

где

$$M\varphi(x_1, \dots, x_n) = \frac{\int \varphi(x)u(x)dx}{\int u(x)dx} \quad (6)$$

- среднее значение функции $\varphi(x)$ по распределению $u(x)$ в области Ω

Рассмотрим задачу исследования зависимости выражения (5) от параметров уравнения (1) с учетом (4).

Параболической аппроксимацией области Ω будем называть параболическую область вида:

$$\Omega_p = \{x: x_n \geq \sum_{i=1}^{n-1} a_i x_i^2\} \quad (7)$$

Расчеты коэффициентов корреляции (5) для распределения (3) будем проводить для области (7), так что в (6) интегрирование осуществляется по области Ω_p вместо Ω . Каждой функции φ из (4) сопоставим вектор $\vec{\varphi} = (\frac{\varphi_1}{\sqrt{a_1}}, \dots, \frac{\varphi_{n-1}}{\sqrt{a_{n-1}}}, 0)$. Угол между

векторами $\vec{\varphi}$ и $\vec{\psi}$ будем обозначать как $\angle \vec{\varphi} \vec{\psi}$.

Для параболической области (7) и функций из (4) справедлива **Теорема[11]**.

- 1) при $b \rightarrow \infty$ и $\vec{\varphi} \neq 0$, $\vec{\psi} \neq 0$ $K(\varphi, \psi) \rightarrow \cos(\angle \vec{\varphi} \vec{\psi})$.
- 2) при $b \rightarrow 0$ и $\varphi_n \psi_n \neq 0$ $K(\varphi, \psi) \rightarrow \text{sign}(\varphi_n \psi_n)$;

Далее рассмотрим поведение дисперсии при увеличении внешней нагрузки на популяцию.

Дисперсию будем вычислять по формуле $Dx = Mx^2 - M^2x$.

Вначале вычислим математическое ожидание Mx . Будем считать, что все показатели в медико-биологических задачах являются неотрицательными величинами. Тогда

$$Mx = \int_0^\infty x e^{-\frac{b}{a}x} dx = -\frac{a}{b} e^{-\frac{b}{a}x} (x-1)|_0^\infty = \frac{a}{b} \quad M^2x = \frac{a^2}{b^2}$$

$$Mx^2 = \int_0^{\infty} x^2 e^{-\frac{b}{a}x} dx = -\frac{a}{b} e^{-\frac{b}{a}x} (x^2 - 2x + 2) \Big|_0^{\infty} = \frac{2a}{b}$$

Окончательно получаем:

$$Dx = \frac{2a}{b} - \frac{a^2}{b^2}.$$

Анализируя полученное выражение можно заметить, что $Dx \rightarrow 0$ при $b \rightarrow \infty$ (для $b \geq a$), т.е. при увеличении внешнего воздействия на популяцию дисперсия уменьшается.

Обычно, критерий интенсивности адаптации популяции к внешним воздействиям рассчитывается путем введения оценки связности анализируемых параметров при помощи веса корреляционного графа G .

2. Больные ожирением

В исследование было включено 285 пациентов в возрасте от 31 до 79 лет, страдающих ожирением 1-3 степени алиментарного генеза без сопутствующих заболеваний и с наличием осложнений функционального или органического характера. Все пациенты в зависимости от степени ожирения и характера сопутствующей патологии были разделены на 3 группы. В 1-ю группу исследования вошли больные ожирением первой степени (индекс массы тела в пределах от 30 до 35). Вторую группу составили пациенты, страдающие ожирением 2-й степени (индекс массы тела в пределах от 35 до 40) в сочетании с функциональными нарушениями различных органов и систем организма (гипертоническая болезнь 1-й степени, астенический синдром и т.д.). В третью группу вошли больные, у которых на фоне ожирения третьей степени (индекс массы тела более 40) констатировались органические поражения (язвенная болезнь, гипертоническая болезнь 3-й ст. и т.д.).

Все пациенты в течение 60 дней получали традиционный курс лечения, направленный на снижение массы тела и коррекцию метаболических и органных нарушений, включавший диетотерапию, индивидуализированный комплекс лечебной физкультуры, симптоматическую или патогенетическую фармакотерапию, адекватную имеющейся патологии.

Используемые варианты были редуцированы по калорийности (1200-1500 ккал), содержали 60-70 г жира и 120-150 г углеводов с исключением моносахаридов, ограничением холестерина, пуриновых оснований и поваренной соли. Лечение пациентов 1-й группы ограничивалось только ди-

етотерапией, 2-й группы – с дополнительным назначением симптоматических средств, 3-й группы – с включением патогенетической медикаментозной терапии. Оценка фактического питания больных проводилась частотным методом с использованием стандартной программы.

В процессе лечения были исследованы следующие параметры: индекс массы тела, общий холестерин, липопротеины низкой плотности, липопротеины высокой плотности, триглицерины, глюкоза, АЛТ, АСТ, креатинин, билирубин. Размерность биохимических показателей – ммоль/л.

Далее нами был вычислен вес корреляционного графа G . Это следующая величина: $G = \sum_{i < j, i, j=1}^n |r_{i,j}|$,

где $r_{i,j}$, где – коэффициент корреляции между i и j параметрами. Вес графа характеризует эффективность лечения: чем он больше падает, тем эффективнее проведено лечение. Полученные данные представлены в табл. 1 и табл. 2.

Табл. 1

Вес корреляционного графа

	До лечения	После лечения
1 группа	8.43	7.24
2 группа	10.87	8.15
3 группа	13.85	11.48

Табл. 2

Суммарная дисперсия

	До лечения	После лечения
1 группа	398	422
2 группа	435	476
3 группа	512	531

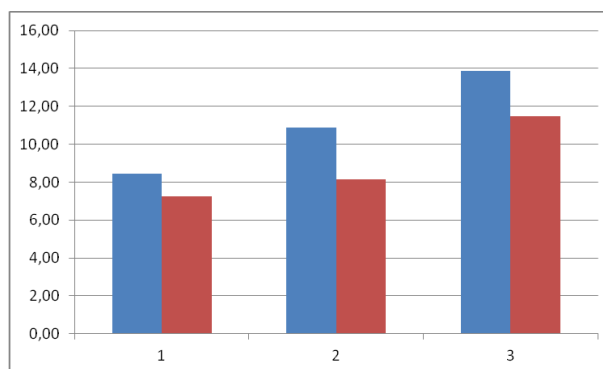


Рис. 1. Вес корреляционного графа

На фоне проведенной диетотерапии величина веса корреляционного графа становится значительно меньше, чем до лечения, причем во всех трех группах больных. Анализ данных показывает также, вес корреляционного графа увеличивается от 1-й к 3-й группе, то есть по мере возрастания тяжести заболевания. Анализ суммарной дисперсии показывает противоположную тенденцию. Сум-

марная дисперсия после проведенного лечения увеличивается, причем во всех трех группах.

3. Операции на сердце

Целью настоящей работы явилась оценка эффективности трех видов операций аортокоронарного шунтирования на сердце методом корреляционной адаптометрии. Первый вид операции – это аортокоронарное шунтирование с кардиopleгией. Кардиopleгия – это временное выключение сердца из кровообращения в целях создания обескровленного поля при вмешательствах на открытых полостях сердца. Второй тип операции – это аортокоронарное шунтирование с параллельным искусственным кровообращением. Третий вид – это аортокоронарное шунтирование на работающем сердце. Каждый из трех видов операций имеет свои преимущества и недостатки и с использованием методики корреляционной адаптометрии, мы оцениваем эффективность проведенных операций.

В исследование было включено 120 больных в возрасте от 39 до 84 лет. Больные были разделены на три группы в соответствии с видом операции. Первая группа состояла из 42 человек, вторая – из 39 человек, третья – из 41 человек. У больных определяли показатели: креатинин, билирубин, АЛТ, АСТ, калий, тропонин, лейкоциты, протромбин, альбумин. Все показатели были измерены в трех временных точках: до операции, первые сутки после операции и седьмые сутки после операции.

Далее были вычислены веса корреляционных графов для всех групп больных в трех временных точках. Уровень значимости оценок коэффициентов корреляции был задан равным 0.02.

В итоге были получены следующие результаты.

Табл. 3

Вес корреляционного графа

	До операции	1 сутки после операции	7 суток после операции
1 группа	6.2	5.31	4.85
2 группа	6.23	5.16	4.36
3 группа	6.38	5.73	5.27

Табл. 4

Суммарная дисперсия

	До операции	1 сутки после операции	7 суток после операции
1 группа	318	356	415
2 группа	314	351	432
3 группа	320	354	410

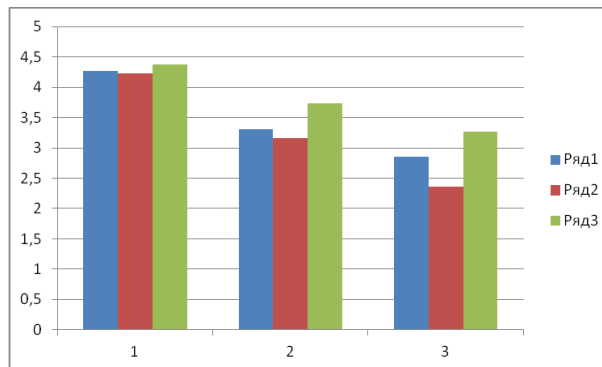


Рис.2. Вес корреляционного графа

Ряд 1 – вес графа до операции, ряд 2 – вес графа на первые сутки после операции, ряд 3 – вес графа на седьмые сутки после операции

Анализ полученных результатов показал следующее. В результате проведенной операции аортокоронарного шунтирования у всех трех групп пациентов вес корреляционного графа существенно снизился, что говорит о хорошей эффективности проведенной операции. Наибольший эффект наблюдается для пациентов второй группы (аортокоронарное шунтирование с параллельным искусственным кровообращением). Второй по эффективности оказалась операция аортокоронарного шунтирования с кардиopleгией. Динамика суммарной дисперсии наоборот увеличивалась с течением времени, причем у всех трех групп пациентов, что также подтверждает эффективность проведенных операций.

Заключение

Наличие многопараметрических исследований является характерной чертой современных исследований в клинической практике. Одновременно возникает проблема разработки информативных критериев оценки эффективности проведенного лечения, с применением новых математических методов.

Полученные результаты показывают, что вес корреляционного графа является достаточно информативным показателем. Оценка веса корреляционных графов дает возможность довольно просто сравнивать различные методики проведенных операций и выбирать среди них наиболее эффективные. Возможно и использование суммарной дисперсии для оценки эффективности различных методик лечения.

Литература

1. Горбань А.Н., Манчук В.Е., Петушкова Е.В. Динамика корреляций между физиологическими параметрами и эколого-эволюционный

- принцип полифакториальности. // Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. Л.: Гидрометеиздат., 1987, Т.10, с. 187-198.
2. Светличная Г.Н., Смирнова Е.В., Покидышева Л.И. Корреляционная адаптометрия как метод оценки кардиоваскулярного и респираторного взаимодействия. // Физиология человека, 1997. Т.23, №3, с.58-62.
 3. Смирнова Е.В., Чеусова Е.П., Зайцева О.И. Оценка эффективности проводимой терапии методом корреляционной адаптометрии. // Тез. докл. Второй научно – практической конференции «Проблемы информатизации города», 14-16 марта 1995 г. Красноярск 1995, С. 106-108.
 4. Стрыгина С.О., Дементьев С.Н., Усков В.М., Чернышов Г.И. Динамика системы корреляционных взаимодействий между физиологическими параметрами больных инфарктом миокарда. Труды конференции “Математика, компьютер, образование (МКО)”, 24-29 января 2000 г., г. Дубна, 2000, вып. 7, с. 685-689.
 5. Пругов П.В., Волошенко Е.В., Мансурова Т.П., Нефедов В.П. Оценка эффективности использования клофелина с помощью метода корреляционной адаптометрии. / Материалы VIII Всероссийского съезда анестезиологов-реаниматологов, 11-15 сентября 2002 г., Омск.
 6. Масяев С.Н., Доррер М.Г. Оценка системы управления компанией на основе метода адаптационной корреляции к внешней среде. // Проблемы Управления, №3, 2010, с. 45-50.
 7. Gorban A.N., Smirnova E.V., Tyukina T. A. Correlations, Risk and Crisis: from Physiology to Finance, Physica A, Vol.389, Issue 16, 2010, p. 3193-3217.
 8. Abanov A.G., Polonskaya M.G., Smirnova Y.V. Correlation between physiological parameters and pathological process in “Global and Regional Ecological Problems”. Transactions of international conference. Krasnoyarsk, 11-14 may 1994. Krasnoyarsk Technical University Press. 1994. P. 473-498.
 9. Васильев А.В., Мальцев Г.Ю., Хрущева Ю.В., Разжевайкин В.Н., Шпитонков М.И. Применение метода корреляционной адаптометрии для оценки эффективности лечения больных ожирением. // Вопросы питания. Том 76, №2, 2007, с.36-38.
 10. Разжевайкин В.Н., Шпитонков М.И., Герасимов А.Н. Применение метода корреляционной адаптометрии в медико-биологических задачах. // Исследование операций (модели, системы, решения). М.: ВЦ РАН, 2002, с.51-55.
 11. Разжевайкин В.Н., Шпитонков М.И. Корреляционная адаптометрия. Модели и приложения к биомедицинским системам. // Математическое моделирование. 2008, т.20, №8, с. 13-27.
 12. Нохрин Д.Ю., Грибовский Ю.Г., Давыдова Н.А. Корреляционная адаптометрия микроэлементного состава тканей как метод оценки средового стресса (на примере популяции промысловых рыб минерализованного водоема) // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2018. №4, С. 4-8.
 13. Беньков А.А., Нагорнев С.Н., Фролков В.К., Еделев Д.А., Корляков О.В. Информативность метода корреляционной адаптометрии для оценки выраженности корректирующего эффекта сочетанного применения лечебных физических факторов на примере метаболического синдрома. // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2023. Т.22, №1, с.5-14.
 14. Несмелова Н.Н. Корреляционная адаптометрия как метод изучения адаптации человека к информационной нагрузке. // Современные тенденции развития образования, науки и технологий: Материалы VIII международной научно-практической конференции (Москва, 28.02.2019 г.). Москва. 2019. С. 349-351.
 15. Гуцина М. Ю., Жуманова Е. Н., Корчажкина Н. Б., Колгаева Д. И. Эффективность применения импульсной магнитотерапии, высокоинтенсивной магнитной стимуляции мышц тазового дна и внутриматочной плазмотерапии для восстановления рецептивности эндометрия после внутриматочных вмешательств: рандомизированное исследование. // Физиотерапевт, 2024, №1, с. 11-23.
 16. Gorban A.N., Smirnova E.V., Tyukina T. A. General laws of adaptation to environmental factors: from ecological stress to financial crisis.// Mathematical modeling of natural phenomena, 2009, pp. 3-52.

Шпитонков Михаил Иванович. Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН, Москва, Россия. Старший научный сотрудник. Кандидат физико-математических наук, доцент. Область научных интересов: математические модели в биологии, медицине, эпидемиологии, физиологии, экологии. E-mail: mixash@bk.ru

The use of correlation adaptometry techniques to evaluate the effectiveness of the treatment

M.I. Shpitonkov

Federal Research Center "Computer Science and Control" of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract. The method of correlation adaptometry was used to process physiological and biochemical data in patients with varying degrees of obesity during diet therapy, as well as in patients with various types of heart surgery. The effectiveness of diet therapy is shown and the effectiveness of the performed operations is evaluated using the technique of correlation adaptometry.

Keywords: *Kolmogorov-Fokker-Plank equation, correlation adaptometry, correlation graph weight, metabolic syndrome, variance.*

DOI: 10.14357/20790279250206 **EDN:** ONIHEO

References

1. Gorban' A.N., Manchuk V.E., Petushkova E.V. Dinamika korrelyatsij mezhdu fiziologicheskimi parametrami i ekologo-evolucionnyi printsip polifaktorial'nosti [Dynamics of correlations between physiological parameters and ecological-evolutionary principle of polyfactorial] // Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovanie ekosistem [Ecological monitoring problems and ecosystems modeling]. 1987. V10. P.187-198.
2. Svetlichhaya G.N., Smirnova E.V., Pokidysheva L.I. Korrelyatsionnaya adaptometriya kak metod otsenki kardiovaskulyarnogo i respiratornogo vzaimodejstviya [Correlation adaptometry as a method of evaluating cardiovascular and respiratory interaction] // Human physiology. 1997. Vol.23, No. 3. P. 58–62.
3. Smirnova E.V., Cheusova E.P., Zajtseva O.I. Otsenka effektivnosti provodimoy terapii metodom korrelyatsionnoy adaptometrii [Evaluation of the therapy effectiveness by the correlation adaptometry technique]. Trudy 2 Nauchno-practicheskoy konferentsii "Problemy informatizatsii goroda" [Proc. 2th scientific-practical conference "Problems of the city informatization"]. Krasnoyarsk, 1995. P.106-108.
4. Strygina S.O., Dement'ev S.N., Uskov V.M., Chernyshov G.I. Dinamika sistemy korrelyatsionnykh vzaimodejstvij mezhdu fiziologicheskimi parametrami bol'nykh infarktomiokarda [The dynamics of the system correlation interactions between physiological parameters of patients with myocardial infarction]. Trudy konferentsii Matematika, komp'yuter, obrazovanie [Proc. conference "Mathematics, computer, education"]. Dubna, 2000. —issue 7. —P.685-689.
5. Prugov P.V., Boloshenko E.V., Mansurova T.P., Nefedov V.P. Otsenka effektivnosti ispol'zovaniya klofelina s pomoshch'yu metoda korrelyatsionnoy adaptometrii [Evaluation of effectiveness to use of clonidine by the correlation adaptometry technique]. Trudy VIII Vserossiyskogo s'ezda anesteziologov-reanimatologov [Proc. of the VIII all-Russian Congress of anaesthesiologists]. — Omsk, 2002. —P.43-48.
6. Masaev S.N., Dorrer M.G. Otsenka sistemy upravleniya kompaniej na osnove metoda adaptatsionnoy korrelyatsii k vneshnej srede [Assessment of the company's management system based on the method of adaptive correlation to the environment]. // Control Problems. 2010. No. 5. P. 45–50.
7. Gorban A.N., Smirnova E.V., Tyukina T. A. Correlations, Risk and Crisis: from Phisiology to Finance, Physica A, Vol.389, Issue 16, 2010, p. 3193-3217.
8. Abanov A.G., Polonskaya M.G., Smirnova Y.V. Correlation between physiological parameters and pathological process in "Global and Regional Ecological Problems". Transactions of international conference. Krasnoyarsk, 11-14 may 1994. Krasnoyarsk Technical University Press. 1994. P. 473-498.
9. Vasil'ev A.V., Mal'tsev G. Yu., Khrushcheva Yu. V., Razhevajkin V.N., Shpitonkov M.I. Primenenie metoda korrelyatsionnoy adaptometrii dlya otsenki effektivnosti lecheniya bol'nykh ozhireniem [Application of correlation adaptometry technique to assess the effectiveness of treatment of patients with obesity] // The nutrition issues. 2007. Vol. 76, No. 2. P. 36–38.
10. Razhevajkin V.N., Shpitonkov M.I., Gerasimov A.N. Primenenie metoda korrelyatsionnoy adaptometrii v medico-biologicheskikh zadachakh [Application of the correlation adaptometry technique to biomedical tasks] // Trudy CCRAS Issledovanie operatsij (modeli, sistemy, resheniya) [Operations research (models, systems, solutions)]. 2002. P. 51-55.

11. *Razhevajkin V.N., Shpitonkov M.I.* Korrelyatsionnaua adaptometriua. Modeli I prilozheniya k biomeditsinskim sistemam [Correlation adaptometry. Models and applications to biomedical systems] // Mathematical modeling. . 2008. Vol. 20, No. 8. P. 13–27.
12. *Nokhrin D.Yu., Gribovskii Yu.G., Davydova N.A.* Korrelyatsionnaua adaptometriua mikroelementnogo sostava tkanei kak metod otcenki sredovogo ctressa (na primere populyatsii promyslovykh ryb mineralizhovannogo vodoema) [Correlation adaptometry of microelement composition of tissues as a method for assessing environmental stress (using the example of a population of commercial fish in a mineralized reservoir)] // Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterenarii [Issues of regulatory regulation in veterinary medicine]. 2018. №4, P. 4-8.
13. *Benkov A.A., Nagornev S.N., Frolkov V.K., Edelev D.A., Korlyakov O.V.* Informativnost metoda korrelyatsionnoi adaptometrii dlya otcenki vyrazhenosti korriruyushchego effekta sochetannogo primeneniya lechebnykh fizicheskikh faktorov na primere metabolicheskogo sindroma.[The informative value of the correlation adaptometry method for assessing the severity of the corrective effect of the combined use of therapeutic physical factors using the example of metabolic syndrome] // Fizioterapiya, balneologiya I reabilitatsiya [Physiotherapy, balneology and rehabilitation]. 2023. T.22, №1, P.5-14.
14. *Nesmelova N.N.* Korrelyatsionnaua adaptometriua kak metod izycheniya adaptatsii cheloveka k informatsionnoi nagryzhke [Correlation adaptometry as a method of studying human adaptation to information load] // Sovremennye tendentsii razvitiya obrazovaniya, nayki i tekhnologii: Materialy VIII mezhdynarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Moskva, 28.02.2019 г.). [Modern trends in the development of education, science and technology: Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference (Moscow, 02.28.2019)]. Moscow.2019. P. 349-351.
15. *Gushchina M.Yu., Zhumanova E.N., Korchazhkina N.B., Kolgaeva D.I.* Effektivnost primeneniya impulsnoi magnitoterapii, vysokointensivnoi magnitnoi stimulyatsii myshts tazovogo dna I vnutrimatochoiplazmoterapii dlyavosstanovleniya retseptivnosti endometrii posle vnutrimatochnykh vmeshatelstv: randomizirovannoe issledovanie [The effectiveness of pulsed magnetic therapy, high-intensity magnetic stimulation of the pelvic floor muscles and intrauterine plasma therapy to restore endometrial receptivity after intrauterine interventions: a randomized study] // Fizioterapevt. [Physical therapist]. 2024. №1. P. 11-23.
16. *Gorban A.N., Smirnova E.V., Tyukina T. A.* General laws of adaptation to environmental factors: from ecological stress to financial crisis. // Mathematical modeling of natural phenomena, 2009, pp. 3-52.

Mikhail I. Shpitonkov. Candidate of Physico-mathematical Sciences, Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian Academy of Sciences, 44/2 Vavilova str., Moscow, Russia. E-mail: mixash@bk.ru