

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МЕТОДОВ ВОСХОДЯЩИХ И НИСХОДЯЩИХ СЕРИЙ, СЕКВЕНЦИАЛЬНОГО АНАЛИЗА, ЛОГАРИФМОВ ПРЕОБЛАДАНИЯ И ПРИРАЩЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

С. А. Лаптёнок¹⁾, О. И. Родькин¹⁾, А. А. Кологривко²⁾,
Е. П. Борботко¹⁾, И. В. Лазар³⁾

¹⁾ Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, ул. Долгобродская, 23/1, 220070, г. Минск, Беларусь, 267413@mail.ru

²⁾ Белорусский национальный технический университет, пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск, Беларусь

³⁾ Белорусский государственный медицинский колледж, ул. Кизеватова, 60/2, 220024, г. Минск, Беларусь

Представлена методика комплексного подхода к использованию методов восходящих и нисходящих серий, секвенциального анализа, логарифмов преобладания и приращения информации в целях повышения эффективности ранней диагностики и прогнозирования динамики медико-биологических процессов.

Ключевые слова: прогнозирование медико-биологических процессов; метод восходящих и нисходящих серий; секвенциальный анализ; логарифмы преобладания; приращение информации; комплексный подход.

INTEGRATED APPROACH TO THE USE OF ASCENDING AND DESCENDING SERIES METHODS, SEQUENTIAL ANALYSIS, LOGARITHMS OF PREVALENCE AND INCREMENT OF INFORMATION FOR STATISTICAL PROCESSING OF MEDICAL AND BIOLOGICAL DATA

S. A. Lapyonok¹⁾, O. I. Rodzkin¹⁾, A. A. Kologrivko²⁾, E. P. Borbotko¹⁾, I. V. Lazar³⁾

¹⁾ International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Dolgobrodskaya str., 23/1, 220070, Minsk, Belarus, 267413@mail.ru

²⁾ Belarusian National Technical University, Nezavisimosti Ave., 65, 220013, Minsk, Belarus

³⁾ Belarusian State Medical College, Kizhevatova str, 60/2, 220024, Minsk, Belarus

The article presents a methodology for an integrated approach to the use of methods of ascending and descending series, sequential analysis, logarithms of prevalence and increment of information in order to improve the efficiency of early diagnostics and forecasting of medical and biological processes.

Keywords: forecasting of medical and biological processes; ascending and descending series methods; sequential analysis; logarithms of prevalence; information increment; integrated approach.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2025-2-317-321>

Вероятностная природа результатов научных и клинических наблюдений, их многоаспектность и взаимосвязанность являются объективной предпосылкой комплексного подхода к применению методов математической статистики в научных медицинских исследованиях.

Комплексный подход к статистической обработке медико-биологических данных должен означать, что для получения наиболее полной и достоверной информации на основе имеющихся массивов необходимо использование комплекса статистических методов, взаимно дополняющих друг друга. Адекватно характеру имеющихся данных и цели анализа комплексный подход подразумевает применение методов в трех вариантах: изолированно, в различных сочетаниях или всего комплекса в целом.

По результатам применения представляемых методов изолированно и в различных комбинациях получена следующая информация.

Изолированное применение метода восходящих и нисходящих серий [1] целесообразно и необходимо при подготовке любых данных к любой статистической обработке. Если речь идет о случайной выборке, оценка статистической подконтрольности фактически является оценкой ее однородности. При наличии других непараметрических критериев однородности метод восходящих и нисходящих серий имеет преимущество ввиду абсолютной простоты необходимых вычислений. При табулировании значений математического ожидания числа серий вычисления вообще не требуются. При оценке статистической подконтрольности динамических процессов метод восходящих и нисходящих серий дает возможность обнаружить скрытые постоянно действующие факторы, которые, не будучи учтенными, могут значительно изменить результат изучаемого процесса в сравнении с ожидаемым. Данный метод также позволяет определить момент времени и характер воздействия этих факторов на течение исследуемого процесса. Таким образом можно на ранних стадиях избежать ошибочных представлений о развитии явления.

Изолированное применение метода секвенциального анализа [2] может быть эффективным при изучении динамических процессов, когда традиционные статистические критерии не в состоянии достоверно свидетельствовать о принятии или непринятии нулевой гипотезы без увеличения объема выборки. Секвенциальный критерий дает возможность значительно сократить количество исследований (опытов) и время на их проведение, что при выявлении изменений в состоянии функциональных систем организма имеет приоритетное значение. Таким образом при неясной динамике выявляется статистически достоверная тенденция и формируется первоначальный прогноз развития процесса.

Метод логарифмов преобладания [3] при изолированном применении является эффективным средством количественной оценки значимости факторов при комбинированном воздействии. Преимуществом метода является его способность работать с нечисловыми данными, когда дисперсионная и регрессионная модели неприменимы. Метод определяет, насколько тот или иной фактор сильнее влияет на формирование исследуемого процесса по сравнению с остальными. Причем учитываются не только первоначальные изолированные факторы и их категории (градации), но и комбинированные, появившиеся в результате взаимодействия изолированных.

При использовании метода логарифмов преобладания для оценки насыщенных моделей целесообразно проводить исследования в порядке уменьшения размерности таблиц сопряженности. Из таблицы большей размерности выбираются наиболее значимо влияющие на процесс факторы и их оценка уточняется на модели меньшей размерности.

Если метод логарифмов преобладания позволяет получить числовую оценку преобладания влияния одного фактора относительно других, то метод расчета приращения информации [4] дает возможность рассмотреть многофакторные воздействия с другой стороны. Посредством данного метода определяется приращение информации в битах о влиянии того или иного фактора на формирование процесса, то есть уже не в относительном, а в абсолютном масштабе, что является шагом к определению абсолютных рисков. Кроме того, по уровню приращения информации по всей модели определяется абсолютная значимость совокупного влияния всех факторов на формирование процесса.

Комбинированное применение перечисленных статистических методов открывает более широкие возможности получения достоверных оценок при анализе медико-биологических данных различного характера.

Рассмотрим пример комбинированного использования метода секвенциального анализа и метода восходящих и нисходящих серий в работе практического врача.

Пациент находился в терапевтическом отделении с диагнозом пневмония. После стабилизации температуры тела пациента на уровне, близком к нормальному, в течение 11 дней триж-

ды в сутки проводились ее измерения с целью контроля состояния больного. В результате был получен следующий ряд значений:

36,5	36,7	37,3	36,9	36,7	36,9	37,2	36,9	36,8	36,8
37,0	37,4	36,7	36,8	36,7	36,2	36,0	36,3	36,6	36,2
36,4	36,6	36,7	36,9	37,0	37,2	36,7	36,6	36,3	36,7
36,8									

Температурная кривая пациента (рис. 1) характеризуется неявной динамикой несмотря на то, что большинство значений находятся в пределах физиологической нормы. Поскольку значимым в данном случае является отклонение температуры от нормы в сторону увеличения, целесообразно использование одностороннего секвенциального критерия.

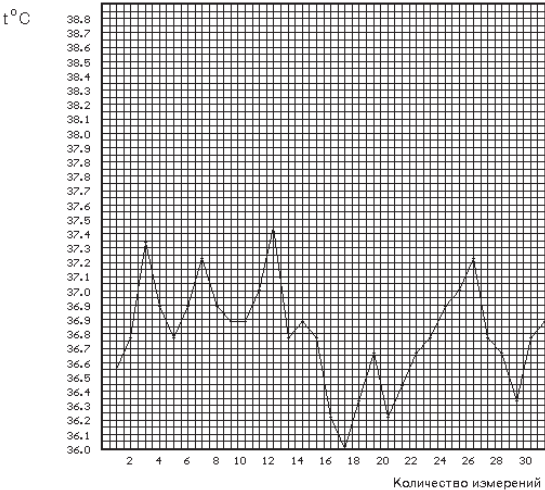


Рис. 1. Индивидуальная динамика абсолютных значений измеренной температуры пациента.

В результате применения одностороннего секвенциального критерия [] с $\mu_0=37.0$ и $\mu_1=37.3$ (рис. 2) можно заключить, что динамика температуры тела пациента в течение 11 дней в целом имеет достоверную тенденцию к снижению, что может свидетельствовать об улучшении его общего состояния.

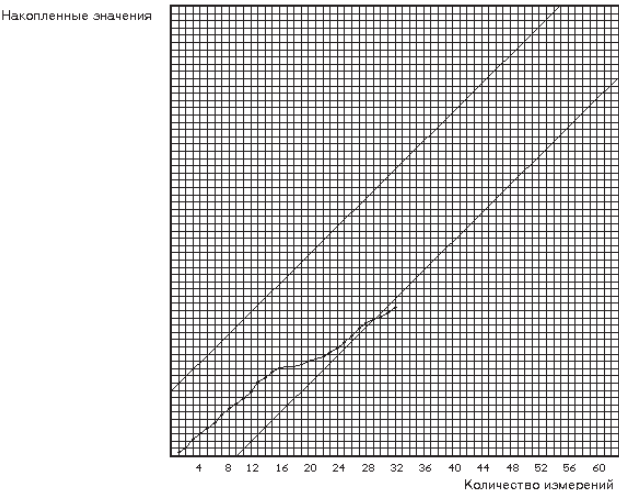


Рис. 2. Результат применения одностороннего секвенциального критерия к анализу индивидуальной динамики температуры тела пациента

Поскольку период в 11 дней является достаточно длительным, целесообразным представляется использование метода восходящих и нисходящих серий для уточнения информации о процессе.

Таким образом, в температурной кривой общее число серий (13) меньше математического ожидания (19.67) и имеется длинная восходящая серия (длиной 6), появление которой обусловлено, очевидно, некоторыми привнесенными причинами. Этими причинами, в частности, могли явиться активизация патогенной флоры и (или) снижение иммунной защиты, могущие привести к рецидиву заболевания.

Оценка индивидуальной динамики температуры тела выздоравливающего пациента методом секвенциального анализа (интегральная оценка) выявила тенденцию общего ее снижения. В то же время дифференциальная оценка (методом восходящих и нисходящих серий) показала статистическую неподконтрольность процесса. Длинные восходящие серии свидетельствуют о наличии причин, вызывающих прирост температуры в течение двух суток и, следовательно, о возможности рецидива заболевания.

Комплексное использование метода логарифмов преобладания и метода приращения информации расширяет возможности анализа процессов, формирование и течение которых обусловлено влиянием нескольких факторов, позволяет уточнить вес каждого фактора и определить степень случайности возникновения данных процессов.

В комплексном подходе к оценке медико-биологических процессов методы логарифмов преобладания и расчета приращения информации играют роль инструмента для определения степени случайности процесса и выделения факторов, наиболее значимо влияющих на процесс. Методы восходящих и нисходящих серий и секвенциального анализа являются средством оценки степени статистической подконтрольности процесса и выявления на ранних стадиях достоверных тенденций его развития. Реализация такого алгоритма делает возможным формирование прогнозов развития медико-биологических процессов уже на ранней стадии их развития.

Наиболее обоснованным и целесообразным является комплексное применение данных методов [5; 6] для получения более достоверной информации.

Результаты проведенных исследований показали эффективность методов восходящих и нисходящих серий, секвенциального анализа, логарифмов преобладания и приращения информации и целесообразность их использования в медико-биологических и экологических исследованиях. Это позволило составить алгоритм комплексного подхода к их применению, заключающийся в следующем.

1. При изолированном применении:

- метод восходящих и нисходящих серий эффективен для оценки статистической подконтрольности (степени случайности) статических и динамических выборок;
- метод секвенциального анализа эффективен для выявления достоверных тенденций развития процессов с неясной динамикой;
- метод логарифмов преобладания эффективен для количественной оценки относительной, а метод приращения информации – для абсолютной значимости факторов при комбинированном воздействии.

2. При комбинированном применении:

- метод восходящих и нисходящих серий и метод секвенциального анализа взаимно дополняют и уточняют друг друга при изучении явлений и процессов с неясной динамикой, выявлении факторов, скрыто влияющих на развитие изучаемого процесса и подведении его под контроль;
- методы логарифмов преобладания и приращения информации взаимно дополняют друг друга в процессе оценки значимости факторов при изучении комбинированных воздействий.

3. При комплексном применении:

- методы логарифмов преобладания и приращения информации эффективны для выявления и уточнения факторов, наиболее значимо влияющих на динамику изучаемых показате-

лей, метод восходящих и нисходящих серий – для выявления скрытых факторов, влияющих на динамику этих показателей, а метод секвенциального анализа – для выявления достоверных тенденций развития.

Таким образом, при условии обоснованного комплексного использования методов восходящих и нисходящих серий, секвенциального анализа, логарифмов преобладания и приращения информации может быть проведена оценка статистической подконтрольности изучаемых процессов, установлены достоверные тенденции их развития, определена относительная и абсолютная значимость влияния на данные процессы изолированных и комбинированных факторов при сочетанных воздействиях и построен статистически достоверный прогноз. Следовательно, данный комплекс методов может быть эффективно использован как в целях обработки и оценки данных, полученных при исследовании негативных последствий аварий и катастроф различного характера с целью их предотвращения в перспективе, так и непосредственно в условиях чрезвычайных ситуаций для их обнаружения на ранней стадии развития и минимизации последствий.

Представленный в данной работе комплексный подход к статистической обработке медико-биологической и экологической информации является одной из составных частей системного подхода к изучению сложных биологических объектов и систем. Организм человека в целом, его отдельные системы жизнеобеспечения также могут быть представлены в качестве таких объектов.

Библиографические ссылки

1. Хальд А. Математическая статистика с техническими приложениями. М. : Издательство иностранной литературы. 1956.
2. Вальд А. Последовательный анализ. М. : Физматгиз. 1960.
3. Goodman L.A. Analysing qualitative/categorical data. Loglinear models and latent-structure analysis. L. : Addison-Wesley Publ. Co. 1978.
4. Е. С. Вентцель Теория вероятностей. Москва : Государственное издательство физико-математической литературы. 1962.
5. Бубнов В. П., Дорошко С. В., Лаптенко С. А. Решение задач экологического менеджмента с использованием методологии системного анализа. Минск : БНТУ. 2009.
6. Лаптенко С. А. Системный анализ геоэкологических данных в целях митигации чрезвычайных ситуаций. Минск : БНТУ. 2013.