



Федоров В.Н.¹, Новикова Ю.А.¹, Мясников И.О.¹, Склизкова Н.А.¹, Леванчук Л.А.²

Применение инструментов пространственного анализа при оценке вариабельности показателей качества питьевой воды в разрезе населённых пунктов субъекта Российской Федерации

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия;

²ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», 190031, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. В гигиенических и эпидемиологических исследованиях востребованы инструменты пространственного анализа геоинформационных систем, к числу которых относятся геостатистический анализ и различные способы группировки или классификации данных на карте. Современные ГИС располагают различными инструментами автоматической группировки данных, и результаты могут существенно различаться в зависимости от выбранного метода и характеристик выборки данных, однако критериев выбора соответствующих инструментов не разработано.

Цель исследования — на основе оценки вариабельности показателей качества воды централизованных систем питьевого водоснабжения обосновать выбор инструментов автоматической группировки данных в современных геоинформационных системах.

Материалы и методы. Методы контент-анализа, статистические методы обработки собранной информации, методы построения и анализа баз данных, методы визуализации пространственных данных и способы их группировки с применением ГИС.

Результаты. Выявлено сходство результатов группировок данных методами геометрического интервала, естественных границ и квантилей (квартилей) для выборок с распределением, близким к нормальному, а также между методом стандартного отклонения и равных интервалов. Сходимость результатов разных группировок для выборок с отсутствием нормального распределения менее характерна.

Ограничение исследования. Выводы, полученные в исследовании, применимы к точечным объектам и не могут быть экстраполированы на геостатистический анализ.

Заключение. Проведённое исследование позволило выявить влияние основных статистических характеристик выборки на результат автоматической группировки данных инструментами в геоинформационных системах на примере ArcMap. При выборе инструмента группировки данных целесообразно в первую очередь учитывать нормальность распределения.

Ключевые слова: цифровизация; большие данные; геоинформационные системы; пространственный анализ; группировка данных; качество питьевой воды; вариабельность показателей

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Федоров В.Н., Новикова Ю.А., Мясников И.О., Склизкова Н.А., Леванчук Л.А. Применение инструментов пространственного анализа при оценке вариабельности показателей качества питьевой воды в разрезе населённых пунктов субъекта Российской Федерации. *Гигиена и санитария*. 2026; 105(8): 847–854. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-847-854> <https://elibrary.ru/daoxxl>

Для корреспонденции: Федоров Владимир Николаевич, e-mail: v.fedorov@s-znc.ru

Вклад авторов: Федоров В.Н. — концепция и дизайн исследования; Новикова Ю.А. — сбор и обработка материала, ответственность за целостность и пропорциональность всех частей статьи; Мясников И.О. — анализ данных, корректировка дизайна исследования, редактирование текста статьи; Склизкова Н.А. — анализ данных, редактирование текста статьи; Леванчук Л.А. — анализ данных, интерпретация результатов, редактирование текста статьи. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 17.04.2026 / Принята к печати: 01.07.2026 / Опубликовано: 28.09.2026

Vladimir N. Fedorov¹, Yuliya A. Novikova¹, Igor O. Myasnikov¹, Nadezhda A. Sklizkova¹, Leonid A. Levanchuk²

Application of spatial analysis tools in assessing the variability of drinking water quality indicators across populated areas of a constituent entity of the Russian Federation

¹North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation;

²Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. In hygiene and epidemiological research, there are in demand spatial analysis tools from geographic information systems, including geostatistical analysis and various methods for grouping or classifying data on a map. Modern GIS functionality includes various tools for automatic data grouping, the results of which can vary significantly depending on the chosen method and the characteristics of the data sample. However, criteria for selecting appropriate tools have not been developed.

The purpose of the study. Based on the assessment of the variability of water quality indicators in centralized drinking water supply systems, to justify the choice of tools for automatic data grouping in modern geographic information systems.

Materials and methods. The methods used were content analysis, statistical methods for processing the collected information, methods for constructing and analyzing databases, methods for visualizing spatial data, and methods for grouping them using GIS.

Results. The similarity of the results of data groupings using the geometric interval, natural boundaries, and quantiles (quartiles) methods for samples with a distribution close to normal, as well as between the standard deviation and equal intervals methods, was revealed. The convergence of the results of different groupings for samples with no normal distribution is less typical.

Limitations. The findings and conclusions obtained in the study are applicable to methods of grouping and analyzing indicators associated with point objects and cannot be extrapolated to geostatistical analysis.

Conclusion. The study revealed the influence of key statistical characteristics of a sample on the results of automatic data grouping using tools in geographic information systems, using ArcMap as an example. When choosing a data grouping tool, it is advisable to primarily consider the normality of the distribution.

Keywords: digitalization; big data; geographic information systems; spatial analysis; data grouping; drinking water quality; variability of indicators

Compliance with ethical standards. The study does not require the submission of a biomedical ethics committee opinion or other documents.

For citation: Fedorov V.N., Novikova Y.A., Myasnikov I.O., Sklizkova N.A., Levanchuk L.A. Application of spatial analysis tools in assessing the variability of drinking water quality indicators across populated areas of a constituent entity of the Russian Federation. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(8): 847–854. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-847-854> <https://elibrary.ru/daoxxl> (In Russ.)

For correspondence: Vladimir N. Fedorov, e-mail: v.fedorov@s-znc.ru

Contribution: Fedorov V.N. — concept and design of the study; Novikova Y.A. — collection and processing of material, responsibility for the integrity and proportionality of all parts of the article; Myasnikov I.O. — data analysis, study design adjustments, editing of the article text; Sklizkova N.A. — data analysis, editing of article text; Levanchuk L.A. — data analysis, interpretation of results, editing of the article text. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study had no sponsorship.

Received: April 17, 2026 / Accepted: July 1, 2026 / Published: September 28, 2026

Введение

Геоинформационные системы (ГИС) как инструмент анализа данных применяются в разных сферах деятельности, в том числе для оценки санитарно-эпидемиологического благополучия населения: социально-гигиенического мониторинга, оценки влияния факторов среды на здоровье населения, эпидемиологии и других направлений [1–6]. В научной и практической деятельности Роспотребнадзора одной из актуальных задач является анализ больших данных с привязкой к территории (карте): соматической, инфекционной и паразитарной заболеваемости населения, качества атмосферного воздуха и питьевой воды, обеспеченности населения Российской Федерации качественной питьевой водой и др. [7–11]. При этом область применения ГИС для оценки санитарно-эпидемиологического благополучия населения ограничивается преимущественно визуализацией результатов социально-гигиенического мониторинга и подготовкой наглядных материалов. Потенциал современных ГИС позволяет решать различные задачи широкого профиля: проводить анализ пространственного распределения показателей (заболеваемость, факторы среды обитания), выявлять взаимосвязи «фактор — здоровье» [12–15].

К причинам, существенно ограничивающим применение современных ГИС при оценке санитарно-эпидемиологического благополучия населения, относятся техническая

сложность и развёрнутый функционал, использование которого требует соответствующего опыта и квалификации. В гигиенических и эпидемиологических исследованиях наиболее востребованы инструменты пространственного анализа, в том числе геостатистический анализ и различные способы группировки или классификации данных на карте. Функционал современных ГИС содержит различные инструменты автоматической группировки данных, и результаты могут существенно различаться в зависимости от выбранного метода и характеристик выборки данных. Кроме того, в настоящее время не существует чётких критериев выбора инструментов автоматической группировки данных в ГИС с учётом характеристики выборки (нормальности распределения, дисперсии и др.) [16, 17]. При этом важно иметь в виду, что результаты группировки одной и той же выборки различными способами могут существенно отличаться в зависимости от вышеперечисленных характеристик, а в других случаях быть практически идентичными. Применение таких методов группировки актуально для ряда показателей, которые не имеют нормативного значения или критерия приемлемости: интегральный показатель (ИП) качества питьевой воды и др. При визуализации на карте величин ИП обычно возникает необходимость выделить на уровне населённых пунктов повышенные и высокие его значения. Из-за отсутствия нормативной величины для ИП выделение таких уровней в каждом отдельном случае

Основные статистические характеристики выбранных для исследования показателей**Main statistical characteristics of the indicators selected for the study**

Показатель Indicator	Водородный показатель pH	Железо Iron	Жёсткость общая Water hardness	Мутность Turbidity	Общая минерализация Total mineralization	Перманганатная окисляемость Permanganate oxidizability	ИП Integral indicator
Дисперсия / Dispersion	0.2	0.7	7.5	63.2	20 463.9	27.0	139.8
Среднее значение Average value	7.5	0.6	4.5	3.4	303.1	4.7	13.9
Медиана / Median	7.5	0.4	4.2	0.8	292.5	3.1	11.6
Стандартное отклонение Standard deviation	0.5	0.8	2.7	8.0	143.1	5.2	11.8
Отношение средней величины к медиане Ratio of mean to median	1.0	1.7	1.1	4.3	1.0	1.5	1.2
Минимальное значение Minimum value	6.1	0.0	0.2	0.0	19.8	0.0	3.5
Максимальное значение Maximum value	9.3	5.6	16.5	45.8	936.0	31.3	66.7

проводится заново с анализом всей выборки. Использование инструментов автоматической группировки данных в ГИС может значительно упростить данную процедуру, однако необходимо учитывать свойства выборки для корректных результатов, что влияет на выбор математического инструмента группировки [18, 19].

Цель исследования — на основе оценки вариабельности показателей качества воды централизованных систем питьевого водоснабжения обосновать выбор инструментов автоматической группировки данных в геоинформационных системах.

Материалы и методы

В работе в качестве исходных данных использованы результаты исследований качества воды централизованных систем питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населённых пунктов Архангельской области, выполненные в 2025 г. в рамках социально-гигиенического мониторинга.

Использованы методы контент-анализа, статистические методы обработки полученной информации, методы построения и анализа баз данных, методы визуализации пространственных данных и способы их группировки с применением ГИС. На основе результатов исследований сформирована электронная база, выполнен анализ перечня контролируемых показателей. Проведена статистическая обработка данных с использованием пакета MS Office Excel. Определяли основные статистические характеристики генеральной совокупности показателей: минимальные и максимальные значения, медиана и среднее арифметическое, дисперсия, характер распределения. На основе оценки статистических характеристик генеральной совокупности результатов были сформированы выборки из показателей качества питьевой воды, удовлетворяющих одному из критериев: нормальность распределения либо отсутствие нормального распределения, наибольшая и наименьшая дисперсия величины показателя, контролируемость в преобладающем числе населённых пунктов. Дополнительным критерием при выборе показателей было количество измерений или исследований, результат которых не превышает нижнего предела количественного определения применяемой методики измерения. Если процент таких результатов превышал 5%, такой показатель не включали в исследование.

В качестве среды для пространственного анализа использована геоинформационная система (ГИС) ArcMap 9.3 (ArcGIS by ESRI) со штатными инструментами группировки данных. В настоящей работе рассматривался сценарий группировки точечных объектов, соответствующих

населённым пунктам, в зависимости от величины изучаемого показателя с помощью инструментов автоматической группировки данных (инструмент «градуированные цвета» (graduated colours)): равных интервалов (equal или defined interval), квантилей (quantile), естественных границ по Дженксу (natural breaks by Jenks), геометрического интервала (geometrical interval) и стандартного (средне-квадратичного) отклонения (standard deviation). Использованы векторные пространственные данные OpenStreetMap территории Архангельской области, включающие в себя площадные (полигональные) объекты — административные границы муниципальных образований субъекта и точечные объекты — населённые пункты. Результаты исследований качества питьевой воды в системах водоснабжения населённых пунктов привязывали в виде атрибутивных таблиц к соответствующим точечным объектам для последующей визуализации на карте.

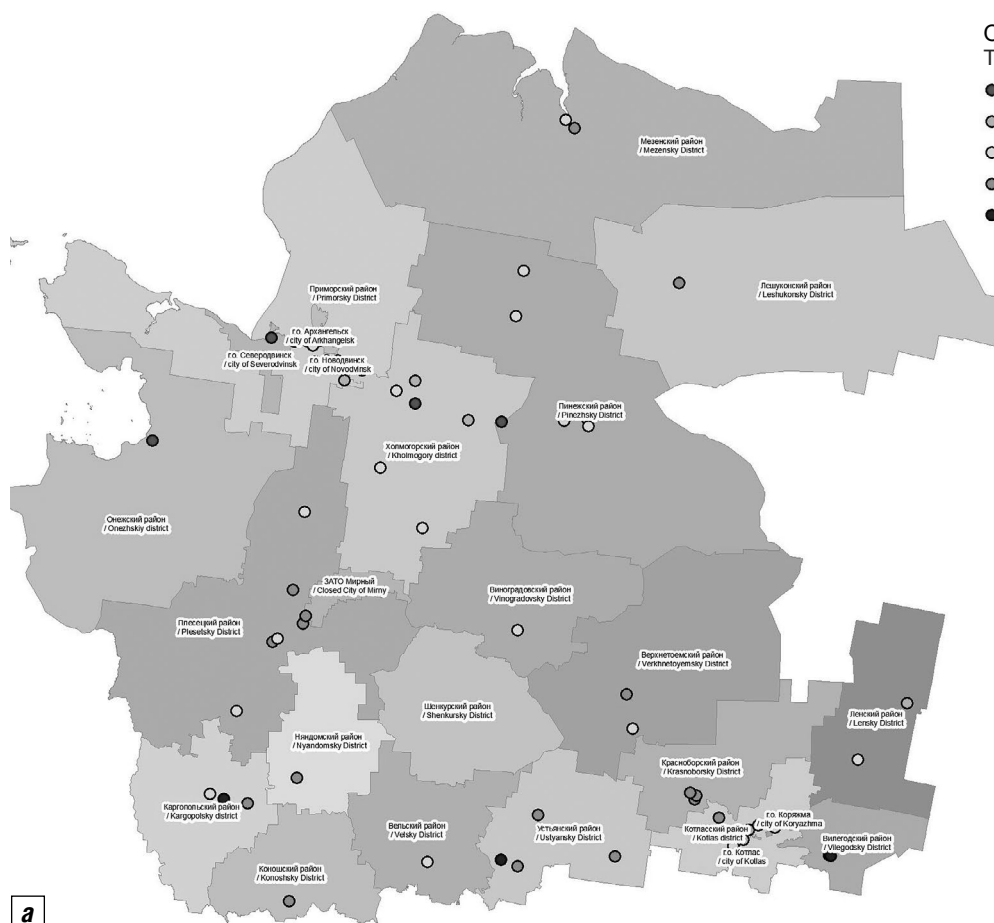
Результаты

Анализ исходных данных показал, что качество воды централизованных систем питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения в Архангельской области в 2025 г. контролировалось в 108 населённых пунктах. Общий перечень контролируемых показателей представлен 89 наименованиями, из которых 8 вирусологических, 11 микробиологических, 4 паразитологических, 12 радиологических и 53 санитарно-химических. Для дальнейшего пространственного анализа с применением геоинформационных систем из генеральной совокупности выбраны показатели, которые контролируются в максимально большом количестве населённых пунктов. К таким показателям относятся микробиологические и санитарно-химические, которые исследуются во всех 108 населённых пунктах. Поскольку большинство микробиологических показателей представлено категориальными или бинарными видами переменных, в рамках настоящей работы эта группа не рассматривалась как объект исследования для применения пространственного анализа. Из перечня санитарно-химических показателей в качестве объектов исследования были выбраны следующие: железо контролируется в 82 населённых пунктах (нп); жёсткость общая — в 73 нп.; общая минерализация — в 68 нп.; мутность — в 108 нп.; перманганатная окисляемость — в 87 нп.; водородный показатель (pH) — в 87 нп. Дополнительно в исследование был включён интегральный показатель качества питьевой воды (ИП), который характеризует её качество по совокупности исследуемых показателей и обладает, как правило, наибольшей вариабельностью величины, а также не имеет

Общая минерализация:

Total mineralization:

- 19.75–140.77
- 140.78–208.21
- 208.22–329.22
- 329.23–546.37
- 546.38–936.0

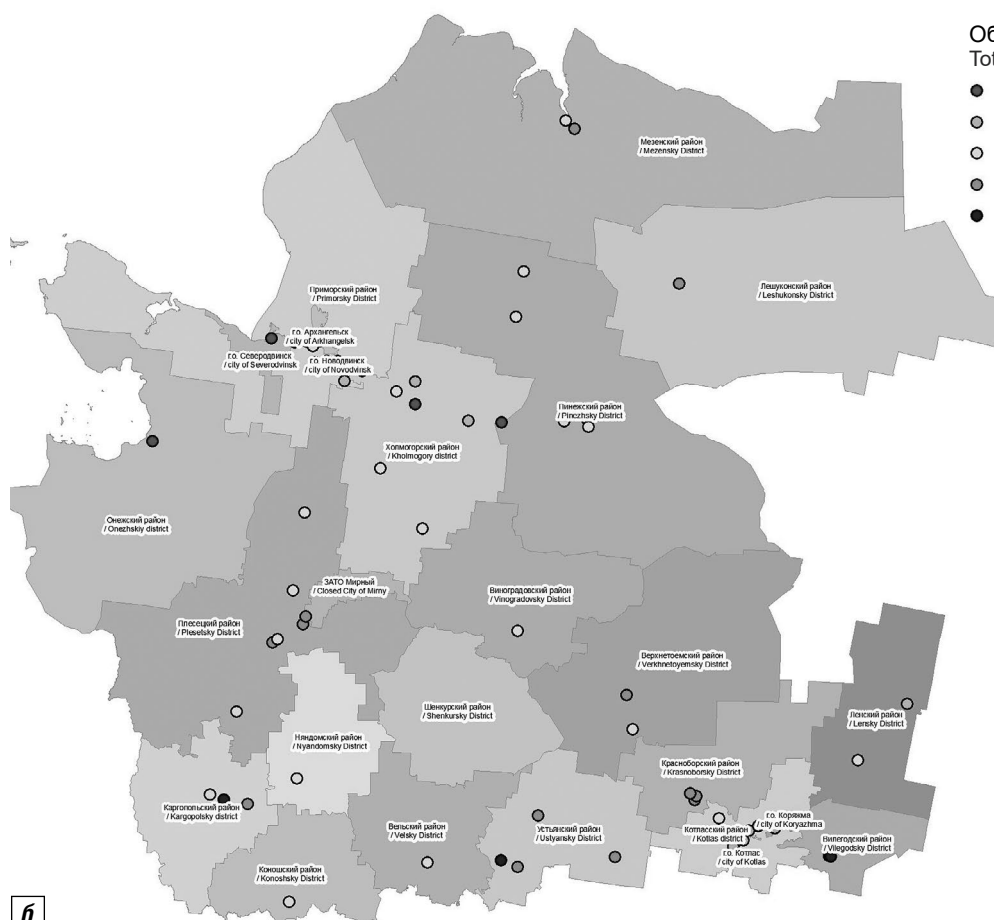


а

Общая минерализация:

Total mineralization:

- 19.75–138.42
- 138.43–219.58
- 219.59–346.56
- 346.57–504.0
- 504.01–936.0



б

Рис. 1. Пример сходства результатов группировки населённых пунктов Архангельской области на основе величины показателя «общая минерализация» в питьевой воде методами геометрического интервала (geometric interval, а) и естественных границ по Дженксу (Natural breaks by Jenks, б).

Fig. 1. An example of the similarity of the results of grouping settlements in the Arkhangelsk region based on the value of the total mineralization indicator in drinking water using the geometric interval (а) and natural breaks by Jenks (б) methods.



Рис. 2. Пример различий результатов группировки населённых пунктов Архангельской области на основе величины ИП в питьевой воде методами геометрического интервала (geometric interval, а) и естественных границ по Дженксу (Natural breaks by Jenks, б).

Fig. 2. An example of differences in the results of grouping settlements in the Arkhangelsk region based on the value of IP in drinking water using the geometric interval (а) and natural breaks by Jenks (б) methods.

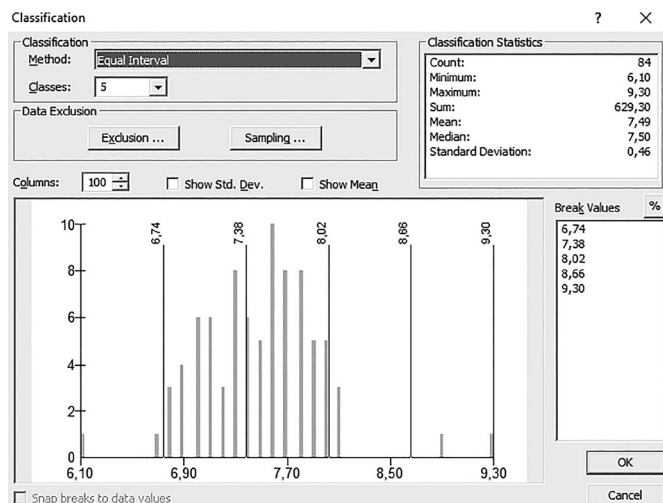


Рис. 3. Пример графической визуализации характера распределения признака в ArcMap.

Fig. 3. An example of graphical visualization of the distribution of a feature in ArcMap.

нормативного значения или критерия приемлемости и может быть рассчитан при любом количестве контролируемых показателей [20–22]. В настоящей работе ИП был рассчитан для питьевой воды 72 населённых пунктов, число которых обусловлено достаточным объёмом исследований и необходимым перечнем контролируемых показателей. Обобщённая информация об основных статистических характеристиках выбранных показателей в разрезе рассматриваемых в настоящей работе 108 населённых пунктов приведена в **таблице**.

Анализ результатов статистической обработки позволяет констатировать неоднородность выборок результатов исследований по изучаемым показателям. Наибольшая дисперсия характерна для общей минерализации и ИП, при этом характер распределения значений общей минерализации близок к нормальному. Аналогичные свойства в части нормальности распределения демонстрируют выборки показателей общей жёсткости и рН, однако величина дисперсии для этих показателей гораздо меньше. Такие показатели, как железо, мутность, перманганатная окисляемость и ИП, демонстрируют отсутствие нормального распределения при различных величинах дисперсии. Таким образом, выбранные показатели обладают необходимыми критериями для последующего анализа группировки данных с применением ГИС.

Обнаружено, что для выборок с распределением, близким к нормальному (общая минерализация, рН и жёсткость), результаты группировки методами «геометрический интервал», «естественные границы» и «квантили (квартили)» схожи. При этом величина дисперсии показателя не оказывает существенного влияния на сходимость результатов группировки: в случае с показателем «общая минерализация» её величина составляет более 20 000, в то время как для рН её значение не превышает 0,26 (см. таблицу).

Группировка методом стандартного (среднеквадратичного) отклонения (standard deviation) обнаруживает сходимость результатов с методом равных интервалов (equal или defined interval) при распределении, близком к нормальному.

Если для выборок нормальное распределение не было характерно (железо, ИП, окисляемость, мутность), наблюдалась лишь незначительная сходимость результатов группировки методами геометрических интервалов и естественных границ по Дженксу (для ИП), а также методами геометрических интервалов и квантилей (квартилей) (для показателя «окисляемость перманганатная») (**рис. 1, 2**).

Обсуждение

Обнаруженные в настоящей работе закономерности при автоматической группировке данных с помощью инструментов ArcMap свидетельствуют о существенном влиянии на результат этой группировки нормальности распределения в выборке. Чем распределение ближе к нормальному, тем меньше различий между такими способами группировки, как геометрический интервал, квантили и естественные границы по Дженксу, а также между методами равных интервалов и стандартного отклонения. Несмотря на сходство результатов группировки, диапазоны классов объектов всё же различаются, что необходимо учитывать при выборе метода.

В то же время сходства результатов группировки методами «квантили (квартили)» и «равные интервалы» обнаружено не было. Если распределение далеко от нормального, сходства в результатах группировки практически не наблюдается, за исключением метода геометрических интервалов и естественных границ по Дженксу. В отличие от характера распределения признака в проведённом исследовании не обнаружено влияния величины дисперсии на сходство или различие результатов группировки разными методами.

Анализ пространственного распределения результатов группировки населённых пунктов показал, что расположенные рядом населённые пункты в большинстве случаев отнесены к одним группам (классам) значений или к соседним по результатам группировки. Это обусловлено сходными величинами исследуемых показателей, которые в свою очередь могут объясняться использованием в качестве источников питьевого водоснабжения одного и того же водного объекта (реки, озера) в случае с поверхностными водоисточниками или одного подземного горизонта в случае использования подземного водоисточника (скважины). Кроме того, визуализация расположения населённых пунктов и их группировка по показателям качества питьевой воды на карте позволяют косвенно визуализировать расположение самих водных объектов, что хорошо видно на **рис. 1, 2**.

Авторы полагают, что при выборе способа группировки данных в зависимости от задач можно руководствоваться следующими критериями.

При наличии нормального распределения допустимо с приблизительно одинаковым результатом применять методы квантилей (квартилей), равных интервалов, геометрических интервалов или естественных границ по Дженксу. Результаты такой группировки не будут существенно различаться. Следует учесть, что метод стандартного отклонения способен дать иной результат группировки, однако его применение может быть также обосновано в некоторых случаях.

При выраженном отсутствии нормального распределения наиболее целесообразно применение метода геометрических интервалов или естественных границ по Дженксу, особенно в тех случаях, когда важно учесть при группировке не только величины показателя, но и распространённость величины признака. В противном случае возможно применение метода равных интервалов.

Следует также отметить, что представление о нормальности распределения показателя можно также получить непосредственно при группировке данных в ArcMap благодаря графической визуализации (**рис. 3**), что позволяет значительно упростить первичный анализ данных и выбор дальнейших способов их обработки.

Заключение

Проведённое исследование позволило выявить влияние основных статистических характеристик выборки на результат автоматической группировки данных инструментами в геоинформационных системах на примере ArcMap.

При выборе соответствующего инструмента группировки данных следует учитывать в первую очередь нормальность распределения. При нормальном распределении

целесообразно применять методы квантилей (квартилей), равных интервалов, геометрических интервалов или естественных границ по Дженксу. При отсутствии нормаль-

ного распределения оптимальными методами являются геометрические интервалы или естественные границы по Дженксу.

Литература

1. Зайцева Н.В., Май И.В. Риск-ориентированный санитарно-эпидемиологический надзор: перспективы в условиях цифровой трансформации. В кн.: *Анализ риска здоровью — 2021. Внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2021. Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Том 1*. Пермь; 2021: 9–13. <https://elibrary.ru/bfazez>
2. Игнатьев Н.А., Рахимова М.А. Мониторинг состояния здоровья населения по возрастным группам. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2023; 23(2): 364–73. <https://doi.org/10.17586/2226-1494-2023-23-2-364-373> <https://elibrary.ru/zohrqo>
3. Новиков С.М., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А., Скворонская С.А., Мациук А.В. и др. Опыт практических исследований по сравнительной оценке радиационных и химических рисков здоровью населения от воздействия факторов окружающей среды. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(12): 1425–31. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-12-1425-1431> <https://elibrary.ru/tbcedi>
4. Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Рапопорт И.К., Шубочкина Е.И., Скоблина Н.А., Милушкина О.Ю. Популяционное здоровье детского населения, риски здоровью и санитарно-эпидемиологическое благополучие обучающихся: проблемы, пути решения, технологии деятельности. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(10): 990–5. <https://elibrary.ru/zwsrur>
5. Зорина И.Г., Макарова В.В. Социально-гигиенический мониторинг как основа управления в контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(1): 13–9. <https://elibrary.ru/gfgzdb>
6. Попова А.Ю., Кузьмин С.В., Гурвич В.Б., Козловских Д.Н., Романов С.В., Диконская О.В. и др. Информационно-аналитическая поддержка управления риском для здоровья населения на основе реализации концепции развития системы социально-гигиенического мониторинга в Российской Федерации на период до 2030 года. *Здоровье населения и среда обитания — ЗНКО*. 2019; (9): 4–12. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-318-9-4-12> <https://elibrary.ru/tzkwsa>
7. Коротков В.В., Кулешова А.М., Ушаков С.А., Савельев С.И., Зубоченок Н.В., Додина Н.С. Геоинформационная региональная система как эффективное средство обоснования управленческих решений и организации надзора в сфере санитарно-эпидемиологической ситуации. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2022; 66(5): 380–4. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2022-66-5-380-384> <https://elibrary.ru/mydpdu>
8. Попова А.Ю., Ежлова Е.Б., Смоленский В.Ю., Летошев А.Н., Трескин А.А., Иванова А.В. и др. Автоматизированная информационная система «Периметр» — инструмент для модернизации информационного и технического обеспечения санитарно-карантинного контроля. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2023; (3): 6–14. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2023-3-6-14> <https://elibrary.ru/otbtaz>
9. Бузинов Р.В., Новикова Ю.А., Лексашов А.В. Создание единого цифрового контура управления качеством питьевой воды. В кн.: *Развитие интеллектуальной экономики и промышленности на основе искусственного интеллекта*. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС; 2025: 418–43. <https://elibrary.ru/zsteww>
10. Федоров В.Н., Тихонова Н.А., Новикова Ю.А., Мясников И.О. Разработка цифровой модели расположения поверхностных источников питьевого водоснабжения для прогнозирования загрязнения водозаборов. В кн.: *Проблемы сохранения здоровья и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Арктике. Материалы IV международной научно-практической конференции*. СПб.: Коста; 2023: 262–8. <https://elibrary.ru/fjbric>
11. Горяев Д.В., Тихонова И.В. Цифровые технологии в задачах управления санитарно-эпидемиологической ситуацией на уровне субъекта федерации. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2022; 66(5): 375–9. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2022-66-5-375-379> <https://elibrary.ru/lrpbxg>
12. Мельников О.А., Краевой С.А., Болехан В.Н. Угрозы и риски здоровью при чрезвычайных ситуациях: медико-биологические, прогнозно-аналитические и математические аспекты. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2024; 26(4): 13–20. <https://doi.org/10.47183/mes.2024-26-4-13-20> <https://elibrary.ru/chvtrne>
13. Поликарпов А.В., Голубев Н.А., Огрызко Е.В., Руголь Л.В. История развития геоинформационных систем в мире и их использование в здравоохранении. *Врач и информационные технологии*. 2023; (4): 4–13. https://doi.org/10.25881/18110193_2023_4_4 <https://elibrary.ru/slydfo>
14. Парамонов В.Ю., Паненкова Е.А., Парамонова В.А. Применение геоинформационных технологий в практике социально-гигиенического мониторинга. В кн.: *Анализ риска здоровью — 2021. Внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2021. Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Том 2*. Пермь; 2021: 370–7. <https://elibrary.ru/oqhpts>
15. Федоров В. Н., Бузинов Р.В., Болсуновская М.В. Геоинформационные платформы для решения задач охраны окружающей среды и санитарно-эпидемиологического благополучия населения. В кн.: *Теория и практика цифрового моделирования*. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС; 2024: 61–98. <https://elibrary.ru/nvuvvgb>
16. Федоров В.Н., Копытенкова О.И., Новикова Ю.А., Мясников И.О., Тихонова Н.А. Выбор инструментов группировки массивов данных заболеваемости населения при их визуализации с применением геоинформационных систем. В кн.: *Анализ риска здоровью — 2024: Материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Пермь; 2024: 82–90. <https://elibrary.ru/juynly>
17. Krivoguz D. Geo-spatial analysis of urbanization and environmental changes with deep neural networks: Insights from a three-decade study in Kerch peninsula. *Ecol. Inform.* 2024; 80: 102513. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102513> <https://elibrary.ru/nfuwtl>
18. Федоров В.Н., Тихонова Н.А., Кизеев А.Н., Киселев А.В. Сравнительная оценка применимости инструментов пространственного анализа данных для оценки и прогнозирования состояния факторов среды обитания. *Здоровье населения и среда обитания — ЗНКО*. 2025; 33(5): 17–28. <https://elibrary.ru/paqgcd>
19. Федоров В.Н., Новикова Ю.А., Ковшов А.А., Тихонова Н.А. Анализ данных и визуализация результатов при оценке состояния санитарно-эпидемиологического благополучия с применением ГИС. В кн.: *Системный анализ в проектировании и управлении: сборник научных трудов XXV Международной научной и учебно-практической конференции. Часть 3*. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС; 2021: 326–31. <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id21-384> <https://elibrary.ru/usrmdl>
20. Новикова Ю.А., Тихонова Н.А., Ракова В.В. Алгоритм интегральной оценки качества питьевой воды. В кн.: *Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник научных трудов XXVI Международной научной и учебно-практической конференции. Часть 2*. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС; 190–5. <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id23-97> <https://elibrary.ru/tdxqls>
21. Рахманин Ю.А., Мельцер А.В., Киселев А.В., Ерастова Н.В. Гигиеническое обоснование управленческих решений с использованием интегральной оценки питьевой воды по показателям химической безвредности и эпидемиологической безопасности. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(4): 302–5. <https://elibrary.ru/ykuqhh>
22. Новикова Ю.А., Склизкова Н.А., Федоров В.Н., Мясников И.О. Применение интегрального подхода к оценке качества питьевой воды. *Российская Арктика*. 2025; 7(3): 17–25. <https://elibrary.ru/rmxhgg>

References

1. Zaitseva N.V., Mai I.V. Risk-oriented sanitary and epidemiological surveillance: prospects in the context of digital transformation. In: *Health Risk Analysis — 2021. Environmental, Social, Medical, and Behavioral Aspects. In Conjunction with the International Meeting on Environment and Health RISE-2021. Materials of the XI All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Volume 1 [Анализ риска здоровью — 2021. Внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2021. Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Том 1]*. Perm'; 2021: 9–13. <https://elibrary.ru/bfazez> (in Russian)
2. Ignatev N.A., Rakhimova M.A. Monitoring the health status of the population by age groups. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki*. 2023; 23(2): 364–73. <https://doi.org/10.17586/2226-1494-2023-23-2-364-373> <https://elibrary.ru/zohrqo> (in Russian)
3. Novikov S.M., Shashina T.A., Dodina N.S., Kisitsyn V.A., Skovronskaya S.A., Matsuk A.V., et al. The experience of empirical research on comparative assessment of radiation and chemical health risks due to exposure to environmental factors. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(12): 1425–31. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-12-1425-1431> <https://elibrary.ru/tbcedi> (in Russian)
4. Kuchma V.R., Sukhareva L.M., Rapoport I.K., Shubochkina E.I., Skoblina N.A., Milushkina O.Yu., et al. Population health of children, risks to health and sanitary and epidemiological wellbeing of students: problems, ways of solution and technology of the activity. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(10): 990–5. <https://elibrary.ru/zwsrur> (in Russian)
5. Zorina I.G., Makarova V.V. Social and hygienic monitoring as the basis of a control in the control and supervisory activities of the federal service for surveillance on consumer rights protection and human wellbeing. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99(1): 13–9. <https://elibrary.ru/gfgzdb> (in Russian)
6. Popova A.Yu., Kuzmin S.V., Gurvich V.B., Kozlovskikh D.N., Romanov S.V., Dikonskaya O.V., et al. Data-driven risk management for public health as

- supported by the experience of implementation for development concept of the social and hygienic monitoring framework in the Russian Federation up to 2030. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya* – ZNiSO. 2019; (9): 4–12. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-318-9-4-12> <https://elibrary.ru/tzkwsa> (in Russian)
7. Korotkov V.V., Kuleshova A.M., Ushakov S.A., Savelyev S.I., Zubchonok N.V., Dodina N.S. Geoinformation regional system as an effective means of substantiation of managing decisions and supervision in the field of sanitary and epidemiological situation. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*. 2022; 66(5): 380–4. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2022-66-5-380-384> <https://elibrary.ru/mydpdu> (in Russian)
 8. Popova A.Yu., Ezhlova E.B., Smolensky V.Yu., Letyushev A.N., Treskin A.A., Ivanova A.V., et al. The automated information system «Perimeter» is a tool for the modernization of information and technical support of sanitary and quarantine control. *Problemy osobno opasnykh infektsii*. 2023; (3): 6–14. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2023-3-6-14> <https://elibrary.ru/otbtaw> (in Russian)
 9. Buzinov R.V., Novikova Yu.A., Leksashov A.V. Creation of a unified digital circuit for managing the quality of drinking water. In: *Development of an Intellectual Economy and Industry Based on Artificial Intelligence [Razvitiye intellektual'noi ekonomiki i promyshlennosti na osnove iskusstvennogo intellekta]*. St. Petersburg: POLYTECH-PRESS; 2025: 418–43. <https://elibrary.ru/zstewn> (in Russian)
 10. Fedorov V.N., Tikhonova N.A., Novikova Yu.A., Myasnikov I.O. Development of a digital model for the location of surface sources of drinking water supply to predict pollution of water intakes. In: *Problems of Maintaining Health and Ensuring Sanitary and Epidemiological Well-Being of the Population in the Arctic: Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference [Problemy sokhraneniya zdorov'ya i obespecheniya sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Arktike. Materialy IV mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii]*. St. Petersburg: Kostia; 2023: 262–8. <https://elibrary.ru/fjbric> (in Russian)
 11. Goryaev D.V., Tikhonova I.V. Digital technologies in the tasks of managing the sanitary-epidemiological situation at the level of the subject of the Federation. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*. 2022; 66(5): 375–9. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2022-66-5-375-379> <https://elibrary.ru/lrpbxg> (in Russian)
 12. Melnikov O.A., Kraevoy S.A., Bolekhan V.N. Threats and risks to health in emergency situations: biomedical, predictive analytical, and mathematical aspects. *Meditsina ekstremal'nykh situatsii*. 2024; 26(4): 13–20. <https://doi.org/10.47183/mes.2024-26-4-13-20> <https://elibrary.ru/chvrne> (in Russian)
 13. Polikarpov A.V., Golubev N.A., Ogryzko E.V., Rugol L.V. History of the development of geoinformation systems in the world and their use in healthcare. *Vrach i informatsionnye tekhnologii*. 2023; (4): 4–13. https://doi.org/10.25881/18110193_2023_4_4 <https://elibrary.ru/slydfo> (in Russian)
 14. Paramonov V.Yu., Panenkova E.A., Paramonova V.A. Application of geoinformation technologies in the practice of social and hygienic monitoring. In: *Health Risk Analysis – 2021. Environmental, Social, Medical, and Behavioral Aspects. In Conjunction with the International Meeting on Environment and Health RISE-2021. Materials of the XI All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation. Volume 2 [Analiz riska zdorov'yu – 2021. Vneshnesredovye, sotsial'nye, meditsinskie i povedencheskie aspekty. Sovmestno s mezhdunarodnoi vstrechei po okruzhayushchei srede i zdorov'yu RISE-2021. Materialy XI Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Tom 2]*. Perm'; 2021: 370–7. <https://elibrary.ru/oqhpts> (in Russian)
 15. Fedorov V.N., Buzinov R.V., Bolsunovskaya M.V. Geoinformation platforms for solving problems of environmental protection and sanitary and epidemiological well-being of the population. In: *Theory and Practice of Digital Modeling [Teoriya i praktika tsifrovogo modelirovaniya]*. St. Petersburg: POLYTECH-PRESS; 2024: 61–98. <https://elibrary.ru/nvuvbg> (in Russian)
 16. Fedorov V.N., Kopytenkova O.I., Novikova Yu.A., Myasnikov I.O., Tikhonova N.A. Selection of tools for grouping arrays of population morbidity data during their visualization using geographic information systems. In: *Health Risk Analysis – 2024: Proceedings of the XIV All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation [Analiz riska zdorov'yu – 2024: Materialy XIV Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem]*. Perm'; 2024: 82–90. <https://elibrary.ru/juylny> (in Russian)
 17. Krivoguz D. Geo-spatial analysis of urbanization and environmental changes with deep neural networks: Insights from a three-decade study in Kerch peninsula. *Ecol. Inform.* 2024; 80: 102513. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102513> <https://elibrary.ru/nfuwtl>
 18. Fedorov V.N., Tikhonova N.A., Kizeev A.N., Kiselev A.V. Comparative assessment of applicability of spatial data analysis tools for assessing and predicting the state of environmental factors. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya* – ZNiSO. 2025; 33(5): 17–28. <https://elibrary.ru/pagqod> (in Russian)
 19. Fedorov V.N., Novikova Ju.A., Kovshov A.A., Tikhonova N.A. Data analysis and results visualization in sanitary and epidemiological well-being assessment using GIS. In: *System Analysis in Design and Management: Collection of Scientific Papers of the XXV International Scientific and Educational-Practical Conference. Part 3 [Sistemnyi analiz v proektirovanii i upravlenii: sbornik nauchnykh trudov XXV Mezhdunarodnoi nauchnoi i uchebno-prakticheskoi konferentsii. Chast' 3]*. St. Petersburg: POLITEKH-PRESS; 2021: 326–31. <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id21-384> <https://elibrary.ru/usrmdl> (in Russian)
 20. Novikova Yu.A., Tikhonova N.A., Rakova V.V. Algorithm for integrated assessment of drinking water quality. In: *Systems Analysis in Design and Management: Collection of Scientific Papers of the XXVI International Scientific and Practical Conference. Part 2 [Sistemnyi analiz v proektirovanii i upravlenii: Sbornik nauchnykh trudov XXVI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Chast' 2]*. St. Petersburg: POLITEKH-PRESS; 2023: 190–5. <https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id23-97> <https://elibrary.ru/tdxqls> (in Russian)
 21. Rakhmanin Yu.A., Meltser A.V., Kiselev A.V., Erastova N.V. Hygienic substantiation of management decisions with the use of the integral assessment of drinking water on indices of chemical harmlessness and epidemiological safety. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(4): 302–5. <https://elibrary.ru/ykuqhh> (in Russian)
 22. Novikova Yu.A., Sklizkova N.A., Fedorov V.N., Myasnikov I.O. Application of an integrated approach to assessing the quality of drinking water. *Rossiiskaya Arktika*. 2025; 7(3): 17–25. <https://elibrary.ru/rmxhgg> (in Russian)

Сведения об авторах

Федоров Владимир Николаевич, ст. науч. сотр. отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: v.fedorov@s-znc.ru

Новикова Юлия Александровна, канд. техн. наук, вед. науч. сотр., руководитель отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: j.novikova@s-znc.ru

Мясников Игорь Олегович, канд. мед. наук, вед. науч. сотр. отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: i.myasnikov@s-znc.ru

Склизкова Надежда Андреевна, науч. сотр. отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: n.tihonova@s-znc.ru

Леванчук Леонид Александрович, канд. техн. наук, доцент каф. «Техносферная и экологическая безопасность» ФГБОУ ВО ПГУПС, 190031, Санкт-Петербург, Россия.

About the authors

Vladimir N. Fedorov, senior researcher, Department of social and hygienic analysis and monitoring, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-1378-1232> E-mail: v.fedorov@s-znc.ru

Yuliya A. Novikova, PhD (Engineering), leading researcher, head, Department of social and hygienic analysis and monitoring, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4752-2036> E-mail: j.novikova@s-znc.ru

Igor O. Myasnikov, PhD (Med.), leading researcher, Department of social and hygienic analysis and monitoring, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-4459-2066> E-mail: i.myasnikov@s-znc.ru

Nadezhda A. Sklizkova, researcher, Department of social and hygienic analysis and monitoring, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4895-4009> E-mail: n.tihonova@s-znc.ru

Leonid A. Levanchuk, PhD (Engineering), associate professor, Department of technosphere safety, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint Petersburg, 190031, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3576-3852>