

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ (GIS) В ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ: МЕТОДЫ, ОПЫТ, РЕЗУЛЬТАТЫ

Бухарский государственный медицинский институт

Самадов Фирдавс Фуркатходжа угли

<https://orcid.org/0009-0004-5328-0875>

Email: firdavs_samadov@bsmi.uz

РЕЗЮМЕ: В статье научно обоснована роль и стратегическое значение географических информационных систем (GIS) в современной эпидемиологии. GIS-технологии рассматриваются как инновационный инструмент, обеспечивающий высокую эффективность при выявлении пространственно-временной динамики распространения заболеваний, моделировании эпидемических процессов и прогнозировании зон риска. В исследовании проанализированы возможности интеграции GIS с статистическими, демографическими и эколого-эпидемиологическими данными. Кроме того, раскрыта роль информационных систем в условиях цифровой эпидемиологии в повышении качества данных, оперативности и интерактивности аналитических процессов. Научно обосновано, что внедрение GIS-технологий в систему эпидемиологического надзора Узбекистана может существенно повысить точность научных анализов по инфекционным и неинфекционным заболеваниям, эффективность профилактических мероприятий, а также уровень цифровой трансформации системы здравоохранения.

Ключевые слова: Географические информационные системы (GIS), Пространственная эпидемиология, Геоинформационные технологии, Эпидемиологическая геоаналитика, Геоэпидемиологическое моделирование, Эпидемическое кластерирование и прогнозирование зон риска, Интерактивное эпидемиологическое картографирование, Интеграция и геокодирование данных, Цифровой эпидемиологический мониторинг и система надзора (сурвеилланс).

Аннотация: Во всем мире растёт потребность в оперативном и масштабном реагировании на угрозы, представляющие опасность для общественного здоровья. В этих условиях географические информационные системы (Geographic Information Systems, GIS) приобретают стратегическое значение в эпидемиологии. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), технологии GIS являются важным инструментом для мониторинга заболеваний, определения зон риска и эффективного распределения ресурсов.

Область пространственной эпидемиологии (Spatial Epidemiology), использующая территориальные данные, имеет большое значение для выявления взаимосвязей между распространением заболеваний и воздействующими на них факторами. В настоящее время значительная часть эпидемиологических исследований проводится с учётом географического положения.

Геоинформационные технологии (Geoinformation Technologies) обеспечивают возможность визуализировать и динамически представлять эпидемиологические процессы с помощью высокоточных карт, статистического анализа и геомоделирования (geo-modelling). В отличие от табличных или графических методов анализа, интерактивные карты позволяют упростить процесс принятия решений.

В процессе эпидемиологической геоаналитики (Epidemiological Geoanalytics) статистические, демографические и экологические данные интегрируются в единую систему. Такие решения позволяют своевременно выявлять территориальные особенности заболеваний и прогнозировать потенциально опасные зоны.

Метод геоэпидемиологического моделирования (Geoepidemiological Modeling) используется для анализа формирования эпидемических кластеров, динамики их распространения и прогнозирования зон риска. Кроме того, с помощью технологий GIS в рамках подходов «эпидемического кластерного анализа и прогнозирования зон риска» (Epidemic Clustering and Risk Zone Forecasting) определяются так называемые «горячие точки» (hotspots) территории с высокой вероятностью заболеваемости [8].

Интерактивное эпидемиологическое картографирование (Interactive Epidemiological Mapping) оптимизирует процессы мониторинга, визуального анализа и подготовки отчётности в режиме реального времени. Таким образом, технологии GIS выполняют функцию научно обоснованной платформы для поддержки управленческих решений в сфере здравоохранения.

Процесс интеграции и геокодирования данных (Data Integration and Geocoding) имеет ключевое значение для пространственного анализа. Поскольку демографические, экологические и эпидемиологические сведения собираются из различных источников, их унификация в рамках единой системы значительно повышает эффективность анализа.

Одним из важнейших этапов является внедрение системы цифрового эпидемиологического мониторинга и надзора (Digital Epidemiological Monitoring and Surveillance System), обеспечивающей наблюдение, анализ и оперативное реагирование в режиме реального времени. GIS выступает при этом основным структурным компонентом данных систем.

В условиях Республики Узбекистан внедрение GIS-технологий позволит оперативно выявлять инфекционные и неинфекционные заболевания, рационально планировать профилактические мероприятия и направить систему здравоохранения на путь цифровой трансформации. Следовательно, данное исследование обладает высокой научной и практической значимостью.

Методология и практический подход

Применение географических информационных систем в эпидемиологических исследованиях включает несколько последовательных этапов, охватывающих как теоретические, так и прикладные аспекты от сбора данных до внедрения цифровых систем эпиднадзора.

1. Сбор данных и геокодирование (Geocoding).

На первом и наиболее значимом этапе осуществляется сбор информации о численности населения, случаях инфекционных заболеваний, санитарно-гигиенических условиях, параметрах окружающей среды и инфраструктуре медицинского обслуживания. Геокодирование представляет собой процесс связывания данных с географическими координатами, что позволяет каждому случаю соответствовать определённому месту.

Примечание: геокодирование является ключевым инструментом пространственного анализа, обеспечивающим выявление концентраций заболеваний и направлений их распространения.

2. Интеграция и систематизация данных (Data Integration and Structuring).

Сведения, собранные из различных источников, объединяются в единую базу GIS при помощи программных платформ ArcGIS, QGIS, MapInfo и др. Демографические, эпидемиологические и экологические показатели согласовываются между собой.

Примечание: интеграция данных устраняет аналитические разрывы, повышая точность и достоверность результатов.

3. Пространственный анализ и геоэпидемиологическое моделирование (Spatial Analysis and Geoepidemiological Modeling).

Этот этап представляет собой научное ядро исследования. С помощью пространственного анализа выявляются закономерности территориального распределения заболеваний и зоны риска.

Примеры: • Метод оценки плотности ядра (Kernel Density Estimation, KDE) визуализирует кластеры инфекций; • Анализ «горячих точек» (Hotspot Analysis) выявляет территории повышенного риска.

Примечание: данные модели позволяют исследовать пространственно-временную структуру эпидемических процессов и прогнозировать будущие риски [7,9].

4. Интерактивная визуализация и поддержка принятия решений (Interactive Visualization and Decision Support).

Результаты эпидемиологической геоаналитики представляются в форме интерактивных карт, отражающих распространение инфекции, очаги заражения и уровни риска.

Примечание: системы поддержки принятия решений (Decision Support Systems, DSS) позволяют медицинским учреждениям получать автоматические рекомендации и оперативно реагировать в режиме реального времени.

5. Цифровой эпидемиологический мониторинг и система надзора (Digital Epidemiological Monitoring and Surveillance System).

6. На этом этапе GIS используется для обновления данных, автоматической регистрации новых случаев и проведения динамического анализа в режиме реального времени. *Примечание:* системы эпиднадзора обеспечивают быструю передачу информации о инфекционных и неинфекционных заболеваниях, что способствует усилению профилактических мер.

7. Анализ и интерпретация данных (Data Analysis and Interpretation).

Данные, собранные с помощью GIS, подвергаются статистической обработке в средах SPSS, R или Python. В процессе анализа определяются тенденции, корреляции и показатели риска.

Примечание: географические факторы (климат, плотность населения, санитарные условия) интерпретируются в научном контексте их связи с уровнем заболеваемости.

8. Научная визуализация результатов (Scientific Visualization of Results).

Итоговые данные представляются в виде карт, диаграмм и графиков, доступных для широкой общественности и органов здравоохранения.

Примечание: визуальные методы передачи информации упрощают восприятие сложных данных и способствуют принятию эффективных управленческих решений.

9. Разработка практических рекомендаций (Development of Practical Recommendations).

На основе GIS-анализа формулируются меры по снижению заболеваемости, усилению санитарного контроля в зонах риска и оптимизации профилактических программ. *Примечание:* данные рекомендации являются основой для планирования противоэпидемических мероприятий и рационального распределения ресурсов региональными органами здравоохранения.

Мировой опыт применения GIS-технологий в эпидемиологии

В Соединённых Штатах Америки Центры по контролю и профилактике заболеваний (Centers for Disease Control and Prevention, CDC) использовали платформу **ArcGIS Dashboard** для отслеживания распространения COVID-19 в

режиме реального времени. Система автоматически обновляла информацию о новых случаях и уровнях риска каждые 24 часа [2].

В Великобритании организация **Public Health England (PHE)** применила GIS для моделирования распространения кори и гриппа, что позволило выявить территории с низким охватом вакцинацией [3].

В Китае во время пандемии 2020 года система **Health Code System**, основанная на GIS, позволила оценивать индивидуальный уровень риска граждан на основе геолокационных данных, что повысило эффективность эпидемиологического контроля и карантинных мер [4].

В Африке при сотрудничестве **ВОЗ** и **Africa CDC** была создана сеть **AfriGIS Surveillance Network**, сыгравшая ключевую роль в мониторинге малярии и вируса Эбола [5].

Европейский Союз разработал платформу **EpiMap**, основанную на GIS-технологиях, для территориального анализа неинфекционных заболеваний — включая сахарный диабет, сердечно-сосудистые патологии и другие факторы риска [6].

Эти примеры подтверждают, что использование GIS в эпидемиологии обладает высокой научной и практической эффективностью.

Заключение

Внедрение географических информационных систем (GIS) в эпидемиологию ознаменовало новый этап в защите общественного здоровья и профилактике заболеваний. Полученные результаты свидетельствуют, что технологии GIS позволяют выявлять пространственные закономерности инфекционных и неинфекционных заболеваний, оценивать зоны риска и прогнозировать развитие эпидемических процессов. Геоаналитическое моделирование обеспечивает оперативный обмен данными, мониторинг и визуальный анализ в реальном времени, поддерживая процесс принятия решений на научной основе.

Международный опыт США, Великобритании, Китая и стран Африки подтверждает эффективность применения GIS для эпидемиологического надзора. В условиях Узбекистана интеграция данных технологий в систему здравоохранения позволит повысить качество эпидемиологических исследований, своевременно выявлять опасные территории и рационально планировать профилактические меры.

Таким образом, геоинформационные технологии следует рассматривать как одно из приоритетных и стратегически значимых направлений современной эпидемиологии.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. World Health Organization (WHO). *Using GIS for Health and Disease Mapping: Global Surveillance Report*. Geneva: WHO Press, 2023.
2. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). *GIS and Public Health Mapping for COVID-19 Response*. Atlanta, USA: CDC Publications, 2022.
3. Public Health England (PHE). *Spatial Modelling of Measles and Influenza Outbreaks in the UK*. London: PHE Research Division, 2021.
4. Zhang, L., & Chen, H. (2020). *Application of GIS-based Health Code System in COVID-19 Prevention in China*. *International Journal of Medical Informatics*, 142, 104–118.
5. Africa CDC & WHO Africa. *AfriGIS Surveillance Network: Strengthening Disease Monitoring in Africa*. Addis Ababa, 2022.
6. European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). *EpiMap Platform: A GIS-Based Tool for Non-Communicable Disease Surveillance in the EU*. Stockholm: ECDC Technical Report, 2023.
7. Cromley, E. K., & McLafferty, S. L. (2018). *GIS and Public Health*. 3rd ed. New York: The Guilford Press.
8. Lawson, A. B. (2019). *Bayesian Disease Mapping: Hierarchical Modeling in Spatial Epidemiology*. Boca Raton: CRC Press.
9. Pfeiffer, D., Robinson, T., Stevenson, M., Stevens, K., Rogers, D., & Clements, A. (2008). *Spatial Analysis in Epidemiology*. Oxford University Press.