

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В ПРАКТИКЕ ЭПИЗООТОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

П. Е. ГОРБЕНКО, аспирант,
О. Г. ПЕТРОВА, доктор ветеринарных наук, профессор,
Уральский государственный аграрный университет
(620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42)

Ключевые слова: геоинформационные системы, ГИС, пространственный анализ данных, эпизоотология, инфекционные болезни животных, мониторинг, ветеринарная эпидемиология, пространственная регрессия.

В ветеринарной эпидемиологии преимущество сопоставления местоположений ферм и других объектов с животными очевидна. При вспышке болезни это могло бы облегчить управление ситуацией, а также могло бы стать инструментом для оценки различных стратегий предотвращения распространения инфекционных заболеваний. Настоящая статья призвана дать обзор возможностей и потенциального использования Географической информационной системы (ГИС) в сфере наблюдения и мониторинга болезней животных. Представлены следующие области, в которые могут быть включены ГИС и специальные ГИС-функции: информация о записи и отчетности, эпидемическая ситуация, анализ кластеров, моделирование распространения болезней и стратегии управления планированием. Пространственный анализ – это произведение вычислительных операций над геоданными с целью извлечения из них дополнительной информации. Обычно пространственный анализ выполняется в ГИС-приложениях. ГИС-приложения имеют специализированные инструменты пространственного анализа для статистики объектов. Используемые инструменты зависят от области применения. Эпизоотическая или иная необходимая информация в ГИС может содержать сведения о пространственно-временном положении источников инфекции (регистрируемых вспышках), расположении их кластеров по территории, общем направлении в распространении инфекции. В настоящее время разработаны методы сбора и анализа картографической информации об эпизоотической ситуации по особо опасным заболеваниям животных с применением GPS-навигаторов, которые интегрированы с выбранной географической информационной системой ArcGIS и с космической навигационно-топографической системой Google Earth (Планета Земля). Основная цель программного обеспечения – предоставить пользователю естественный путь посредством эмпирического анализа пространственных данных, начиная с простого сопоставления и геовизуализации, перехода к исследованию, пространственного автокорреляционного анализа и заканчивая пространственной регрессией.

MODERN METHODS OF SPATIAL DATA ANALYSIS IN THE PRACTICE OF EPIZOOTOLOGICAL RESEARCH

P. E. GORBENKO, postgraduate student,
O. G. PETROVA, doctor of veterinary sciences, professor,
Ural State Agrarian University
(42 K. Liebknehta str., 620075, Ekaterinburg)

Keywords: geographic information systems, GIS, spatial data analysis, epizootology, animal infectious diseases, monitoring, veterinary epidemiology, spatial regression.

In veterinary epidemiology, the advantage of comparing farm locations and other sites with animals is obvious. In an outbreak, this could facilitate the management of the situation and could also serve as a tool for assessing various strategies to prevent the spread of infectious diseases. This article is intended to provide an overview of the possibilities and potential use of Geographic information system (GIS) in the field of animal disease surveillance and monitoring. The following areas where GIS and special GIS functions can be included are presented: recording and reporting information, epidemic situation, cluster analysis, disease modelling and planning management strategies. Spatial analysis is a product of computational operations on GEODATA in order to extract additional information from them. Spatial analysis is typically performed in GIS applications. GIS applications have specialized spatial analysis tools for feature statistics. Epizootic or other necessary information in GIS may contain information about the spatiotemporal position of the sources of infection (recorded outbreaks), the location of their clusters on the territory, the General direction in the spread of the infection. Currently developed methods of collecting and analyzing cartographic information about the epizootic situation on especially dangerous diseases of animals with the use of GPS-navigators, which are integrated with the selected geographic information system ArcGIS and space navigation and topographic system Google Earth (Planet Earth). The tools used depend on the application. The main purpose of the software is to provide the user with a natural path through empirical analysis of spatial data, from simple mapping and geovisualization, transition to research, spatial autocorrelation analysis and ending with spatial regression.

Положительная рецензия представлена Н. А. Татарниковой, доктором ветеринарных наук, профессором Пермского государственного аграрно-технологического университета им. академика Д. Н. Прянишникова.

Географическая информационная система

Современные геоинформационные системы (ГИС) в эпидемиологии – это совершенно новые компьютерные технологии, которые обеспечивают комплексную автоматизацию процессов сбора, хранения, обработки и анализа эпидемиологической информации с ее визуализацией на электронных картах. Как известно, ГИС развивались последние 30 лет, но только недавно, в последние 2–3 года, они стали доступными как по цене, так и по возможностям их применения рядовыми эпидемиологами и специалистами органов здравоохранения. Современные ГИС предлагают все расширяющиеся функциональные возможности для решения прикладных задач, связанных с оперативным анализом и прогнозом эпидемий и эпизоотий. Эпидемиологам сегодня есть что выбрать из многочисленных инструментов ГИС, которые приспособлены для обобщения результатов и процедур эпидемиологического анализа конкретных ситуаций, особенно в части визуализации результатов анализа на географических картах [9].

Последние достижения в вычислительной технике и программном обеспечении ГИС позволили взаимодействовать непосредственно с большими пространственными базами данных и получить почти мгновенные результаты для широкого спектра ГИС. На современном этапе создается спрос на новые ГИС-технологии проведения пространственного анализа, статистический анализ в частности. Этот спрос вырос из раннего осознания того, что реализация методов «традиционного» пространственного анализа была недостаточна для решения проблем в среде ГИС. Большинство пространственных статистических методов, таких как тесты для пространственных моделей автокорреляции и пространственной регрессии, в основном носят статический характер, позволяя осуществлять ограниченное взаимодействие между данными, моделями и аналитикой. В отличие от динамического или интерактивного подхода к анализу данных современные ГИС-технологии дают возможность пользователю взаимодействовать с данными в графической среде, позволяют проводить прямые манипуляции в виде мгновенного выбора, удаления, вращения и другие преобразования точек данных для исследования структуры и шаблона [1].

Появление динамических графических методов анализа информации является результатом усовершенствования привычных статистических отображений данных, например гистограмм, круговых диаграмм и др. Новые методы позволяют пользователю производить манипуляции с результатами непосредственно в графике.

ГИС применяют во многих сферах человеческой деятельности, особенно при решении проблем глобальной эпидемиологии – исследовании процессов

распространения СПИДа, атипичной пневмонии, птичьего гриппа и других инфекционных заболеваний. Современные ГИС, которые могут работать в интересах решения прикладных задач эпидемиологии, содержат пять ключевых составляющих: аппаратные средства, программное обеспечение и эпидемиологические данные, обученных специалистов и специальные методы решения прикладных задач эпидемиологии [10].

Географическая информационная система может использоваться как инструмент для любой дисциплины, где обрабатываются данные, связанные с географическими объектами, такими как страны, регионы, сообщества или координаты. ГИС – инструмент для всех [2, 3].

Имеется потребность в использовании этой системы также в области ветеринарной медицины. Наиболее часто ГИС используется для создания описательных карт. Однако потенциал ГИС намного больше.

Данные могут храниться в двух форматах: на основе векторов и сетки.

Карты векторного формата отображают модели реального мира с использованием точек, линий и полигонов. Векторная оцифровка фиксирует точку как $A X, Y$ координата, а линия фиксируется как упорядоченная строка таких координат. Многоугольник является замкнутой линией. Формат данных на основе сетки фиксируется как информация каждой квадратичной ячейки на экране и может рассматриваться как фотография области. ГИС отображает данные с географической привязкой в качестве слоев темы, которые могут отображаться по одному или накладываться друг на друга. Они хранятся в геореляционной базе данных. Каждая функция имеет связанные с ней атрибутивные данные, которые хранятся в таблице. Атрибутом может быть любой элемент функции, который относится к карте, не являясь ее частью. Атрибутивные данные объекта с географическим соединением хранятся в таблицах, их можно объединить с географическими данными через общий идентификатор (ID). Идентификатор, относящийся к сведениям о болезнях животных, может быть фермой или регионом. Как идентификатор должны быть использованы числа, поскольку символьные переменные часто могут быть написаны с ошибками. Фермы и регионы могут быть визуализированы с использованием точек, хранящихся в виде полигонов [4, 7].

Описание ГИС-функций,

полезных для ветеринарного наблюдения

ГИС можно использовать для составления карт заболеваемости, распространенности, смертности, заболеваемости на ферме, в регионе или на национальном уровне. Информация легче воспринимается при визуализации на карте. Поскольку информация о болезнях часто сводится воедино (от информации

о каждом отдельном стаде до уровня муниципалитета или округа), она теряет часть своей ценности. Если информация отображается на уровне фермы, одновременно можно визуализировать только небольшие части региона [7].

Другим способом описания случаев заболеваний в определенной области может быть создание карт с использованием функции плотности. Функция плотности создает сетку с определенным размером ячейки и дает каждой ячейке в области значение плотности зараженных ферм. Чтобы скорректировать базовое население, карта плотности всей группы населения, подверженной риску, создается с одинаковым размером ячейки. Затем карты плотности делятся на карту, которая показывает частоту возникновения конкретного заболевания в каждом сегменте области в выбранной единице времени. Эта функция может дополнительно предоставлять карты, которые показывают распространение болезни, отображая их в виде фильма. В ГИС также можно включить уведомление о вспышках в реальном времени. Карты, отображающие обновленную ситуацию в регионе, вместе с информацией о фермах являются важными инструментами для персонала на местах, а также могут быть включены в отчеты для производителей, администраторов и средств массовой информации [5, 6, 8].

Эпидемиология

В случае вспышки инфекционного заболевания ГИС может служить отличным инструментом для определения местонахождения фермерского хозяйства и всех фермерских хозяйств, находящихся под угрозой, в пределах определенного района вспышки. Буферные зоны можно нарисовать вокруг этих ферм и со ссылкой на таблицы адресов фермерских хозяйств, подвергающихся риску, фермы могут быть проинформированы в течение короткого времени после уведомления о вспышке. Буферные зоны могут также генерироваться вокруг других зон риска или точечных источников, таких как дороги, на которых заражен скот, или вокруг рыночных мест. Кроме того, карты могут помочь полевым ветеринарам планировать работу в зависимости от ситуации, а также помочь справиться с потенциальной вспышкой [6, 9].

Анализ кластеризации заболеваний

Чтобы проанализировать, сгруппировано ли заболевание в пространстве и времени, необходимо использовать другие программы, поскольку это не стандартный инструмент в доступных ГИС-пакетах.

Визуализация показателей заболеваемости на цифровых картах может вводить в заблуждение, поскольку глаз имеет тенденцию чаще интерпретировать точечные структуры как кластеры, чем то, что реально. Поэтому кластерный анализ должен быть проведен для объективной оценки зарегистрированных случаев заболевания. Затем результаты некоторых анали-

зов кластеров могут быть импортированы в ГИС для визуализации местоположения кластеров или областей кластера.

Модель распространения болезни

Модели, использующие такие пакеты программ, как @Risk (Palisade Corporation, Newfield, NY, USA), могут быть интегрированы в ГИС. Такие модели могут включать информацию о ферме, такую как размер стада, тип производства, а также пространственные факторы, такие как расстояние до источника вспышки, плотность населения и климатические условия, растительность и ландшафт, все из которых были определены как факторы риска для распространения моделируемого заболевания [3, 7].

Планирование стратегий борьбы с болезнями

Функция анализа окрестности может использоваться для идентификации всех смежных с зараженной ферм. Это функция, которая идентифицирует все смежные функции с определенными критериями для определенной задачи. Образцы контактов, такие как общее использование лугов или источников закупок и т. д., могут быть визуализированы с помощью так называемой паук-диаграммы. Это могло бы дать представление о возможности передачи инфекционных заболеваний между стадами. При планировании искоренения заболеваний ГИС имеет возможность проводить оверлейный анализ для выявления районов с высоким или низким риском заболеваний, которые зависят от географических особенностей или условий, связанных с географией [4, 6].

Описание источников данных, используемых в ГИС в области ветеринарной эпидемиологии

ГИС широко используются для анализа данных в области ветеринарии в Норвегии [5], США [4], Нигерии [3], Италии [2], Казахстане [1], Греции [8].

Например, в Италии для выполнения вычислений таких показателей, как кривая Лоренца, индекс GINI и оценка плотности животных, был разработан специальный инструмент для ветеринарной ГИС (VetGIS). Это программное обеспечение использовалось для анализа и лечения птичьего гриппа в Италии в период эпидемии 1999–2000 гг. [2, 3].

В Казахстане для контроля распространения бешенства было использовано программное обеспечение ArcGIS, версия 10.3.1. Благодаря данной программе удалось изучить распространение случаев бешенства с учетом климатических и географических особенностей страны [1].

В Норвегии было использовано программное обеспечение ArcView 3.1 (ESRI., Redlands, CA, USA). Для начала работы в стандартный набор карт было добавлено местоположение ферм. Информация о местоположении ферм была предоставлена Реестром сельскохозяйственной собственности. Этот реестр содержит номер производства, имя, адрес заявителя

и количество животных в каждой производственной категории в день подачи заявки. Информация о местонахождении животноводческих ферм, а также о типе их производства и размерах стада собирается из этого реестра. Система регистрации заболеваний включает результаты всех исследованных образцов, проверенных в соответствии с программами наблюдения, а также диагностических исследований болезней. С помощью описанных реестров удалось получить карты со всеми зарегистрированными случаями заболеваний крупного рогатого скота, свиней, коз, овец, птиц в Норвегии [5].

В Греции ГИС использовали для понимания векторов распространения лейшманиоза кошек.

Цель внедрения ГИС состоит в том, чтобы карты постоянно отображали ситуацию для каждого из заболеваний.

Обсуждение и выводы

ГИС обеспечивает значительную добавленную стоимость для текущих рутинных данных, которые обычно принимаются во внимание как для эпидемиологических, так и для управленческих целей в ветеринарии. ГИС значительно повышает эффективность коммуникации. Задачи и ресурсы управления и ветеринарного обслуживания в чрезвычайных ситуациях могут быть улучшены с использованием ГИС. Описание динамики географического распространения заболевания с течением времени, факторов риска из-за пространственных отношений, а также составление карт рисков и повреждений становятся возможны.

Недостатки в системе наблюдения также более очевидны и в качестве побочного продукта внедрения ГИС могут быть улучшены системы сбора, хранения и управления данными.

Литература

1. Ахметжан А. С. Бешенства в Казахстане / А. С. Ахметжан, К. Сарсенбай, М. Абдрахманов // Забытые тропические болезни. 2016. № 1. С. 15.
2. Тсокана С. Н. Первые свидетельства инфекции Лейшмании у европейского бурого зайца (*Lepus europaeus*) в Греции: ГИС-анализ и филогенетическое положение в рамках лейшмания // Паразитологические Исследования. 2016. № 313. С. 321.
3. Айкимбаева А. Борьба с бешенством в Восточной Европе, на Ближнем Востоке и в Центральной Азии — эксперты призывают к созданию региональной инициативы по ликвидации бешенства // Зоонозы здравоохранения. 61:219-С.226 pmid:23782901,2014.
4. Торгерсон П. Б. Распространенность заболеваний: инструменты для исследования по оценке распространенности // Р-пакет версии 0.4.0., 2014.
5. Хэмпсон К. Оценить глобальное бремя Эндемических Водобоязни // Биохимия: e0003709 pmid:258810584, 2015.
6. Илиева Д. Оценка эффективности пероральной вакцинации против бешенства в популяции лисицы в Болгарии // Журн. ветеринарной медицины. 164: 521. С. 5275.- 2015.
7. Баллина В. Мониторинг антропозоонозных цестодозов // Рос. журн. паразитарных заболеваний. 2016. Т. 38. Вып. 4.
8. Горохов В. Прогноз эпизоотической ситуации в Российской Федерации по основным заболеваниям на 2014 год // Рос. журн. паразитарных заболеваний. 2014. № 2. С. 32–33.
9. Шабейкин А. А. Опыт использования ГИС-технологий при оценке риска в патологических исследованиях // V Междунар. ветеринарный конгресс. Москва, 22–24 апреля 2015 г. М., 2015. С. 250–252.
10. Кодекс здоровья наземных животных. Франция. МЭБ, 2013.

References

1. Akhmetzhan A. S. Rabies in Kazakhstan / A. S. Akhmetzhan, K. Sarsenbay, M. Abdrakhmanov // Neglected tropical diseases. 2016. No. 1. P. 15.
2. Tsokana C. N. The first evidence of Leishmania infection in European brown hare (*Lepus europaeus*) in Greece: GIS analysis and phylogenetic position within Leishmania // Parasitological Research. 2016. No. 313. P. 321.
3. Aykimbaeva A. Fighting rabies in Eastern Europe, the middle East and Central Asia – experts call for the creation of a regional initiative to eliminate rabies // Zoonoses health 61: 219-P. 226 pmid: 23782901, 2014.
4. Torgerson N. B. Prevalence of diseases: tools for the study of prevalence estimation // P-pack version 0.4.0., 2014.
5. Hampson K. Estimate the global burden of Endemic waterborne Disease // Biochemistry: e0003709 pmid:258810584, 2015.
6. Ilieva D. Evaluation of the effectiveness of oral vaccination against rabies in populations of foxes in Bulgaria // Journal of veterinary medicine 164: 521 .- P. 5275.- 2015.
7. Ballina V. Monitoring of anthrozooonotic cestodes // Russian journal of parasitic diseases. 2016. T. 38. Vol. 4.
8. Horokhiv B. Forecast of the epizootic situation in the Russian Federation on the main diseases for 2014 // Russian journal of parasitic diseases. 2014. No. 2. P. 32–33.
9. Shaebekin A. Experience in the use of GIS technology in assessing the risk in the pathological studies // V International veterinary Congress. Moscow, April 22–24, 2015. M., 2015. P. 250–252.
10. The Code of Health of Terrestrial Animals. France. OIE, 2013