

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ДАННЫХ ОБ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ В ГИС

Кузьмин Владимир Александрович<sup>1</sup>, д-р.ветеринар.наук, проф., [orcid.org/0000-0002-6689-3468](https://orcid.org/0000-0002-6689-3468)

Шаныгин Сергей Иванович<sup>2</sup>, д-р.экон.наук, доц.,

Чунин Сергей Андреевич<sup>3</sup>,

Никитин Георгий Сергеевич<sup>1</sup>, канд.ветеринар.наук, доц.,

Мкртчян Маня Эдуардовна<sup>1</sup>, д-р.ветеринар.наук, доц.,

Каурова Злата Геннадьевна<sup>1</sup>, канд.биол.наук, доц.,

Орехов Дмитрий Андреевич<sup>1</sup>, канд.ветеринар.наук, доц., [orcid.org/0000-0002-7858-1947](https://orcid.org/0000-0002-7858-1947)

Цыганов Андрей Викторович<sup>1</sup>, канд.пед.наук, доц.,

Айдиев Ахмед Багамаевич<sup>1</sup>, канд.ветеринар.наук.,

Мищенко Наталья Валерьевна<sup>1</sup>, канд.биол.наук, доц.,

Ачилов Вадим Вадимович<sup>1</sup>, канд.ветеринар.наук, доц.

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Россия

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Россия

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

### РЕФЕРАТ

Для мониторинга окружающей среды используется большое количество датчиков, и в режиме реального времени обрабатывается большой объём пространственно-временных данных об эпизоотических рисках и окружающей среде. На сегодняшний день модели данных ГИС представлены статическими моделями и более современными временными моделями. Однако многие из систем управления эпизоотологическими и экологическими данными не соответствуют требованиям управления данными в режиме реального времени. Цель работы - на основании анализа иностранных литературных источников предложить современный метод управления эпизоотологическими и экологическими данными на основе новой модели ГИС в реальном времени в сравнении с моделью веб-сервис Sensor. Были проведены два эксперимента в городской среде и на территориях животноводческих ферм с различной эпизоотической ситуацией для потенциального управления рисками при зоонозах. Проведён мониторинг качества воздуха в режиме реального времени и мониторинг влажности почвы в режиме реального времени в г. Ухане (Китай). Циркуляция возбудителей зоонозов и сапронозов в окружающей среде, в том числе в почве, и их сохранение в виде спор и труднокультивируемых форм, обуславливает экологическую составляющую эмерджентных эпизоотий и эпидемий с охватом новых ареалов. Экспериментальные результаты показали, что использование предложенной модели данных ГИС на платформе веб-сервиса Sensor для управления эпизоотологическими/эпидемиологическими и экологическими данными в режиме реального времени является надежным и эффективным.

**Ключевые слова:** эпизоотологический и экологический мониторинг, риск эмерджентных зоонозов и сапронозов, ГИС в реальном времени, сенсорные технологии.

### ВВЕДЕНИЕ

Эпизоотологические/эпидемиологические и экологические данные являются одними из наиболее важных источников информации для оценки и управления рисками при зоонозах [10,11,22], с использованием методов информационных технологий, в том числе ГИС [22,28,35]. В прошлом управление эпизоотологическими и экологическими данными включало разработку конкретного приложения к изолированной системе управления эпизоотологическими/эпидемиологическими и экологическими данными [1-5,10,22]. С развитием сенсорных технологий датчики стали меньше по размеру, дешевле, интеллектуальнее и энергоэффективнее [6].

Для эпизоотологического и экологического мониторинга используется большое количество датчиков, и генерируется большой объём пространственно-временных данных об эпизоотической ситуации и окружающей среде в режиме реального времени. Статическая обработка этой информации распространяется на динамическую обработку данных в реальном времени [7], а си-

стемы управления эпизоотологическими и экологическими данными в значительной степени обусловлены интеграцией разнородных потоков данных от конкретных датчиков [8,11,22,28].

Однако многие из конкретных прикладных и изолированных систем управления экологическими данными не могут соответствовать требованиям управления эпизоотологическими и экологическими данными в режиме реального времени. Недавно, с развитием информационных технологий, таких как веб-сервисы и совместимые сервисы, в геопространственном сообществе была предложена сеть геопространственных сервисов (GSW) [28,35].

GSW - это виртуальная геопространственная инфраструктура, основанная на Интернете, которая объединяет различные ресурсы, связанные с геопространством (ресурсы датчиков, ресурсы данных, ресурсы обработки, информационные ресурсы, вычислительные ресурсы, сетевые ресурсы и ресурсы хранения для управления данными, извлечения информации и передачи данных в геопространственный домен сообщества)

[7,35]. GSW с помощью высокопроизводительной серверной системы объединяет системы хранения больших объемов данных, дистанционного зондирования и географической информационной системы (ГИС), где функции реализуются с помощью Веб-сервисов и передаются через стандартные протоколы Интернета [4].

На сегодняшний день модели данных ГИС эволюционировали от статических моделей данных ГИС к временным моделям данных ГИС, а затем к моделям данных ГИС в реальном времени [9]. Статическая модель данных ГИС управляет пространственными данными, описывает пространственные взаимосвязи и выражает распределение геопространственных объектов. Основанная на статической модели данных ГИС, временная модель данных ГИС добавляет описательную информацию о времени. Временная модель данных ГИС представляет распределение географических объектов и процесс изменения этих объектов со временем [9].

Временная модель данных ГИС может быть разделена на три фазы в зависимости от значимости времени в модели:

1) *фаза временных снимков* включает типичные модели данных - модель пространственно-временного куба [10,11], модель последовательных снимков [12,13], модель списка ячеек дискретной сетки [14,15], базовое состояние с поправками [13,15] и пространственно-временную составную модель [16-18]. Эти типы моделей данных используются для записи изменений состояния самого объекта со временем для хранения и извлечения пространственных характеристик и особенностей объекта;

2) *фаза изменения объекта* описывает изменившиеся отношения объекта до и после его изменения и включает объектно-ориентированную пространственно-временную модель данных [19-21], пространственно-временную модель данных на основе объектов [22] и ориентированную на процесс пространственно-временную модель данных [23,24];

3) *фаза событий и действий* описывает семантические связи изменений объекта и включает пространственно-временную модель данных на основе событий [13], пространственно-временную модель данных на основе графов [25] и пространственно-временную трехдоменную модель [18].

По сравнению с моделями данных на этапе изменения объекта, преимущество моделей данных на этапе событий и действий заключается в том, что они подразумевают причину пространственно-временного изменения состояния географического объекта. Это помогает выразить интерактивную взаимосвязь между географическими объектами с внешней средой. Временные модели данных ГИС в основном используются для выражения изменений сельскохозяйственных и географических объектов во времени, хранения массивов исторических данных и поддержания их взаимосвязей. Они часто неэффективны в реальном времени для хранения и извлечения пространственных данных из различных датчиков и движущихся объектов, поскольку им не хватает возможностей в реальном времени для удовле-

творения растущего спроса на приложения, чувствительные к показателям времени [4,9].

Модель данных ГИС в реальном времени разработана на основе временной модели данных ГИС и подчеркивает временную эффективность управления данными [26,27]. В настоящее время модель данных ГИС в реальном времени всё ещё находится на незавершенной стадии и нуждается в дальнейшем изучении.

Цель данного исследования - на основании анализа иностранных литературных источников предложить современный метод управления эпизоотологическими и экологическими данными на основе новой модели ГИС в реальном времени в сравнении с моделью веб-сервис Sensor.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Предлагаемая в этом исследовании модель данных ГИС собирает информацию от различных типов датчиков и представляет взаимосвязи между такими данными, как: сельскохозяйственные, географические объекты, состояния, события, процессы, датчики и наблюдения. Модель данных ГИС представляет собой динамическое моделирование пространственно-временных процессов для статических и временных моделей: 1) в режиме *real-time*, 2) на платформе веб-сервиса Sensor.

### *Модель данных ГИС в режиме real-time*

Модель данных ГИС в реальном времени представляет собой пространственно-временную модель, преобразующую изучение исторических изменённых данных в данные *real-time* в ГИС. По сравнению с традиционными ГИС, ГИС в режиме *real-time* имеет строгий контроль времени и ограничения; поэтому все действия будут выполнены за очень короткое и приемлемое время. Модель данных является ядром ГИС и играет решающую роль в построении ГИС-приложения. Основной задачей пространственно-временной модели данных является организация и управление пространственно-временными данными, анализ и выражение содержания и взаимосвязей пространственно-временных изменений, извлечение данных наблюдений в реальном времени, полученных от конкретных датчиков в зависимости от целей исследования, и дальнейшая разработка модели данных ГИС в *real-time* [28].

Пространственно-временные вариации (объекты и явления) всегда быстро или медленно меняются со временем. Сельскохозяйственные и географические объекты и их взаимодействия участвуют в процессах оценки рисков и управления рисками в эпизоотологии и эпидемиологии. Действие географического, сельскохозяйственного явления, произошедшее в определенный момент времени, является событием. Событие произойдет, когда изменение в этих объектах достигнет определенной степени. Весь процесс изменений во времени и пространстве образует пространственно-временной процесс [28].

Чтобы понять временные и пространственные изменения, данные в частности, об атрибутах географического объекта должны быть получены непосредственно из наблюдений в реальном времени с помощью датчика. Например, можно отслеживать изменения качества воздуха в опреде-

ленном месте в течение определенного периода времени. Качество воздуха - это явление, которое зависит от различных загрязнителей воздуха, таких как монооксид углерода, сероводород, аммиак или мелкие твердые частицы, которые поступают в воздушную среду из промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Когда концентрации некоторых загрязнителей воздуха достигают определенной степени, происходит событие загрязнения воздуха. В зависимости от степени загрязнения определяется несколько состояний загрязнения, например, легкое или серьезное загрязнение. Изменения качества воздуха в данном месте в течение определённого периода времени являются пространственно-временным процессом и контролируются с помощью датчиков для проведения количественного анализа загрязнения [10,11,22,35].

На основе этих анализов предлагается модель данных ГИС в реальном времени для хранения и управления данными, участвующими в процессе пространственно-временного изменения явления, для поддержки приложений визуализации и анализа ГИС в реальном времени. Модель данных имеет пять характеристик: 1) учитывает как традиционные ГИС, так и ГИС в режиме *real-time*; 2) может отображать динамические данные от движущегося объекта; 3) очень эффективна для хранения и извлечения данных в реальном времени с различных датчиков; 4) может поддерживать динамическое моделирование пространственно-временных процессов из данных ГИС в реальном времени; 5) может представлять взаимосвязи между её факторами, включая географические объекты, промышленные объекты, сельскохозяйственные объекты, состояния, события, процессы, датчики и наблюдения [22,26,27].

#### *Модель данных ГИС на платформе веб-сервиса Sensor*

Некоторые элементы модели данных ГИС на платформе веб-сервиса Sensor имеют следующие описания и атрибуты [6,8,13,15,29,30,31]:

- ♦ датчик (Sensor) - различные датчики, содержащие, в свою очередь, космические, воздушные и наземные датчики;

- ♦ наблюдение/мониторинг- поведение наблюдаемых атрибутов от различных датчиков обеспечивает полные данные наблюдений для модели;

- ♦ географический/промышленный/ сельскохозяйственный объект (Geo-Object) - физические объекты или социальные явления, сформированные естественным или искусственным путем, выраженные чёткими/нечёткими границами;

- ♦ объект (Object) - единый объект в реальном мире; объект может содержать один или несколько объектов;

- ♦ пространственно-временной процесс (StProcess) - это процесс изменения сложного явления на временной шкале;

- ♦ имитация (Simulation) - это имитация работы реального процесса или системы в течение определённого отрезка времени;

- ♦ событие (Event) - это событие изменения объекта, которое является причиной изменения объектов;

- ♦ состояние (State) - моментальный снимок географического/ промышленного/сельскохозяйственного объекта в определённый момент времени в процессе изменения;

- ♦ функция изменения (ChFunction) - соответствие, во время исследования, между моментом и значениями пространственных и тематических свойств.

- ♦ Сенсор/датчик - это специальный объект, который содержит собственные параметры для наблюдения. Датчик, описывающий его метаданные, является инструментом для наблюдения за пространственными и тематическими атрибутами географических промышленных/сельскохозяйственных объектов.

Геопространственные метаданные представляют данные ГИС пользователя в соответствии с установленным стандартом, чтобы пользователи, которые хотят использовать ваши карты, смогли их понять, что позволяет повышать качество данных и облегчает их совместное использование. Один сенсор может наблюдать множество объектов, в то время как объект может наблюдаться многими датчиками. Применение сенсоров (с использованием дистанционного зондирования, полученным удаленным датчиком с физическими или химическими параметрами) привело к генерации большого объема данных, таких как пространственно-временные данные, данные тематических атрибутов, данные изображений и данные видеопотока. Эта информация отражается Глобальной навигационной спутниковой системой. Вся информация записывается в серию наблюдений вместе со временем [3,4,8,19].

Сеть датчиков предназначена для получения доступа, управления и обработки данных сенсоров стандартизированным способом в режиме реального времени или почти в режиме реального времени. Поэтому для поддержки реализации модели данных ГИС в реальном времени принята платформа веб-сервиса датчиков для обеспечения взаимодействия в GSW для регистрации, планирования и мониторинга различных космических, бортовых и наземных датчиков [32-35].

Sensor Web - это инфраструктура, обеспечивающая связь между сенсорными ресурсами (датчиками и сенсорными системами) и их приложениями, где инфраструктура обеспечивает совместное использование сенсорных ресурсов, обеспечивая их обнаружение, доступ и постановку задач, а также события и оповещения стандартизированным способом [6]. Модель интерфейса определяют интерфейсы различных веб-служб датчиков, таких как Служба наблюдения за датчиками (SOS) [38], Служба планирования датчиков (SPS) [39] и Служба событий датчиков (SES) [40,41]. Сервисный уровень взаимодействует с ресурсным уровнем и прикладным уровнем, используя протокол доступа к ресурсам и стандартный сервисный протокол соответственно.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Чтобы продемонстрировать предлагаемый метод управления эпизоотологическими/эпидемиологическими/экологическими данными, была реализована платформа веб-сервиса датчиков, которая поддерживала реализацию

модели данных ГИС в реальном времени. Представлены два случая анализа эпизоотологических и экологических экспериментов в городской среде города Ухань, Китай и на территориях животноводческих ферм с различной эпизоотической ситуацией для потенциального управления рисками при зоонозах. Один из них - мониторинг качества воздуха в режиме реального времени, а другой - мониторинг влажности почвы в режиме реального времени. Прототип платформы веб-сервиса Sensor был реализован с помощью веб-технологий Sensor компанией Sensor Веб-группа Уханьского университета, Китай [42,43]. Эксперименты в этом исследовании основаны на сенсорной сети Сервисной платформы и выполнены согласно концепции реального времени "Модель данных ГИС". Целью веб-сервисной платформы Sensor является обеспечение интегрирующей среды для ресурсов датчиков в рамках структуры GSW.

Платформа веб-сервиса Sensor объединяет службу регистрации датчиков, службу наблюдения за датчиками, службу планирования датчиков, картографическую службу в реальном времени, службу спутникового позиционирования и другие службы для получения информации о датчиках в реальном времени, данные наблюдений, продукты данных и других информационных ресурсов. Платформа веб-сервиса Sensor наглядно демонстрирует эти информационные ресурсы на карте Мир [44] с графикой, текстом, таблицами и видео. Платформа веб-сервиса Sensor в основном состоит из шести основных функциональных модулей:

В настоящее время сеть датчиков управляет десятками датчиков и большим количеством данных об окружающей среде в режиме реального времени. Сервисная платформа с моделями данных ГИС в реальном времени может обслуживать метеорологические данные (скорость ветра, направление ветра, продолжительность солнечного сияния, солнечная радиация, атмосферное давление, температура воздуха, влажность воздуха, количество осадков), данные о качестве воздуха (индекс качества воздуха (AQI), твердые частицы размером менее 2,5 мкм, вдыхаемые взвешенные частицы размером менее 10 мкм, озон ( $O_3$ ), диоксид азота ( $NO_2$ ), сероводород ( $H_2S$ ), аммиак ( $NH_3$ ), диоксид серы ( $SO_2$ ), монооксид углерода ( $CO$ ), данные о влажности почвы, данные о температуре почвы и данные об оползнях и др. [42,43,45].

*Мониторинг качества воздуха в режиме реального времени*

С быстрым экономическим ростом в промышленности и сельском хозяйстве, а также с урбанизацией в г.Ухань (столица провинции Хубэй в Китае), события, связанные с загрязнением воздуха и почвы, поражают г.Ухань много раз в год. Качество воздуха влияет на жизнь и здоровье людей и животных. Правительство и граждане уделяют качеству воздуха больше внимания, чем когда-либо прежде. Правительственное учреждение под названием Уханьский Центр экологического мониторинга установил несколько станций эпизоотологического/эпидемиологического/ экологическо-

го мониторинга и разместил множество датчиков в Ухане для мониторинга загрязнителей воздуха  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CO$ ,  $O_3$ ,  $NH_3$ ,  $H_2S$  и других загрязнителей, а также санитарного состояния почвы.

AQI - безразмерный индекс, представляет собой количественное описание состояния качества воздуха для его мониторинга. Агентство по охране окружающей среды США выпустило руководство по стандартизации методов расчёта AQI и индивидуального AQI для обеспечения рекомендаций по охране здоровья населения [45]. В этом исследовании используется метод расчёта AQI. Для мониторинга AQI была разработана платформа веб-сервиса датчиков и ГИС-модель в реальном времени.

Данные в режиме реального времени, использованные в этом эксперименте, поступают из Уханьского центра мониторинга окружающей среды. Экспериментальный период времени был с 14:00 2014-09-08 по 15:00 2014-09-10. Датчики были зарегистрированы для мониторинга  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CO$ ,  $O_3$  в SOS, а затем данные датчиков в реальном времени были введены в SOS с помощью операции InsertObservation. Благодаря естественным характеристикам в реальном времени платформа веб-сервиса Sensor позволяет управлять данными наблюдения в реальном времени. Каждый час SOS получает записи в реальном времени со станции, а задержка составляет 1,7 сек. Все данные о загрязнении управляются SOS. Если требуются какие-либо данные, они извлекаются из SOS с помощью операции GetObservation с использованием модели данных ГИС в реальном времени. Модель данных ГИС в реальном времени может отображать данные в определенный момент времени, а также может отображать ряды данных в течение временного интервала [6].

Если параметр повторного запроса операции GetObservation не установлен на определённый момент времени, данные ответа являются единичными. Если параметр запроса задан с интервалом времени, данные ответа являются последовательными и модель данных ГИС в реальном времени может отображать данные в реальном времени, взаимодействующие с SOS на платформе веб-сервиса Sensor. Время отклика составляет около 2,0 сек. 1) в течение 24-часового периода эксперимента самый высокий AQI наблюдался в 16:00, а самый низкий - в 22:00. В течение 48 ч два самых высоких значения AQI находятся примерно в 16:00, в то время как самые низкие AQI находятся в 10:00, что отличается от результата 24-часового наблюдения.

2) В течение 48 ч значения AQI находятся в диапазоне от 100 до 200. Это соответствует рейтингу "нездорово для чувствительных групп" (AQI от 101 до 150) или "нездорово" (AQI от 151 до 200).

3) Сравнивая 24-часовые данные AQI и 48-часовые данные AQI, почти половина AQI составляет менее 150 в течение первых 24 ч, в то время, как только одна шестая часть AQI ниже 150 в течение последних 24 ч; таким образом, качество воздуха неуклонно ухудшается [6,45].

*Мониторинг влажности почвы в режиме реального времени*

Влажность почвы является важным экологическим показателем для изучения изменения климата, отражающим степень сельскохозяйственной засухи и направляющим сельскохозяйственное орошение. Автоматическая станция наблюдения с более чем 20 датчиками влажности почвы в экспериментальной зоне размером 20 × 40 м (центральное расположение на 114° 31'35,61" восточной долготы 30°28'12,98" северной широты) была построена в г. Баоси, Ухань. Датчики были размещены в горизонтальных плоскостях с тремя различными глубинами (10 см, 30 см и 60 см). Эти датчики влажности почвы регистрируются и управляются на платформе веб-сервиса Sensor.

В этом эксперименте параметры модели данных ГИС в реальном времени следующие: влажность почвы фиксировалась датчиками, а затем передавалась обратно по каналам связи в виде GPRS [46,47]. В качестве примера, карта влажности почвы запрашивается в период с 2014-07-05 10:51:27 по 2014-07-07 10:51:25. Время передачи одной записи составляет 1,7 сек. Платформа веб-сервиса Sensor управляет наблюдаемой влажностью почвы с помощью SOS и визуализирует влажность почвы на веб-портале. Для датчика в течение заданного периода времени влажность почвы может быть автоматически с помощью SPS отображена в виде кривой. Мониторинг состояния влажности почвы на всей экспериментальной территории позволит определить степень засухи в этом районе. Например, условия влажности почвы в этом испытательном районе не сбалансированы на тематической карте влажности почвы на 2014-07-07 09:56:13, потому что север и северо-запад области засушливы, в то время как центральная и юго-западная части области относительно влажные. Время отображения каждой карты составляет 7,5 сек [49,50].

Технологическая платформа веб-сервиса Sensor пригодна для эпизоотологического/эпидемиологического надзора и мониторинга за инфекционными болезнями с использованием модели данных ГИС в реальном времени [11,19], что позволяет управлять эпизоотическими и эпидемическими важными данными по предотвращению рисков возникновения и распространения опасных болезней. Известно, что возбудители некоторых зоонозов и сапронозов (сибирской язвы, псевдотуберкулеза, листериоза и др.) способны в результате длительного пребывания в почве приобретать способность переходить в состояние покоя и создавать, таким образом, опасность рисков возникновения эмерджентных инфекций животных и людей. Согласно СанПиН 2.1.7.1287-03 [51], необходим эпизоотологический мониторинг качества санитарного состояния почвы населённых мест и сельскохозяйственных земель для определения санитарно-бактериологических показателей (наличие возбудителей кишечных инфекций, патогенных бактерий, энтеровирусов) на конкретной территории и дальнейшего совершенствования эпизоотологического/эпидемиологического надзора за инфекционными болезнями.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сервисная платформа в рамках геопространственной службы отвечает требованиям управления данными об окружающей среде. Цель данного исследования - предложить современный метод управления экологическими данными на основе новой модели ГИС в реальном времени в сравнении с моделью веб-сервиса Sensor. Основная задача исследования – изучение метода интеграции модели данных ГИС в реальном времени и сети датчиков Sensor [48]. Были проведены два эксперимента: мониторинг качества воздуха в режиме реального времени и мониторинг влажности почвы в режиме реального времени в г. Ухане (Китай). Циркуляция возбудителей зоонозов и сапронозов в окружающей среде, в том числе в почве, и их сохранение в виде спор и труднокультивируемых форм, обуславливает экологическую составляющую эмерджентных эпизоотий и эпидемий с охватом новых ареалов. Экспериментальные результаты показали, что использование предложенной модели данных ГИС на платформе веб-сервиса Sensor для управления эпизоотологическими/эпидемиологическими и экологическими данными в режиме реального времени является надежным и эффективным.

Публикация подготовлена в рамках реализации заказа MCX России за счет средств федерального бюджета на 2022 год.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Zander F., Kralisch S., Busch C., Flugel W.A. Environmental data management with the River Basin Information System. // In: Chan F, Marinova D, Anderssen RS, editors. 19th International Congress on Modelling and Simulation. Perth, Australia: Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand Inc.; 2011. P. 3191–3197.
2. Zhu L., Zhou Y.M., Wu B.F., Luo Z.M. ArcObjects-based eco-environmental data management information system for Three Gorges Project. // In: International Conference on Information Technology and Computer Science. Kiev, Ukraine: Ieee Computer Soc; 2009. P. 263–266.
3. Pokorny J. Data-base architectures: Current trends and their relationships to environmental data management. // Environ Model Softw. 2006;21(11):1579–1586.
4. Sun L., Lei S., Chen Y., Hsieh H., Pepper D. Environmental data management system - from data monitoring, acquisition, presentation to analysis. [http://ncacm.unlv.edu/HTML/research/daq/publication\\_daq\\_pdc2002.pdf](http://ncacm.unlv.edu/HTML/research/daq/publication_daq_pdc2002.pdf).
5. Liu J., Zhang X., Jian X.Y., Jiang B., Chi T.H.. Research on Marine Environmental Data Management in China Digital Ocean Prototype System // In: IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Honolulu, HI:IEEE; 2010. p. 2318–2321. [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=5651468&tag=1](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5651468&tag=1).
6. Bröring A., Echterhoff J., Jirka S., Simonis I., Everding T., Stasch C., et al. New generation sensor web enablement // Sensors. 2011;11(3):P.2652–2699.
7. Gong J., Wu H., Gao W., Yue P., Zhu X. Geospatial service Web // In: Li D, Shan J, Gong J, editors. Geospatial technology for earth observation // 2009.

- vol. Chapter 13. 1st ed. New York: Springer; P. 355–79. <http://www.barnesandnoble.com/w/geospatial-technology-for-earth-observation-deren-li/1117115908?ean=9781441900500>.
8. van Zyl T.L., Simonis I., McFerren G. The Sensor Web: Systems of sensor systems. // *Int J Digital Earth*. 2009;2(1):P.16–30.
9. Gong J., Li X., Wu H. Spatiotemporal data model for real-time GIS. // *Acta Geodaetica Cartographica Sin*. 2014;43(3):P.226–32.
10. Hägerstrand T. What about people in Regional Science? // *Papers Reg Sci Assoc*. 1970;24(1):P.6–21.
11. Yu H. Spatio-temporal GIS design for exploring interactions of human activities. // *Cartogr Geogr Inf Sci*. 2006;33(1):P.3–19.
12. Armstrong M. Temporality in spatial databases. // In: *Proceedings of the Proceedings: GIS/LIS, San Antonio*. 1988. P. 880–9.
13. Peuquet D., Duan N. An event-based spatiotemporal data model (ESTDM) for temporal analysis of geographical data. // *Int J Geogr Inf Syst*. 1995;9(1):P.7–24.
14. Langran G. Temporal GIS design tradeoffs. // *J Urban Reg InfSyst Assoc*. 1990;2:P.16–25.
15. Langran G. Time in geographic information systems. // London: Taylor & Francis; 1992.
16. Chrisman N. The role of quality information in the long-term functioning of a geographic information system // *Cartographica*. 1983;21(2&3):P.79–87.
17. Langran G., Chrisman N. A framework for temporal geographic information. *Cartographica* // *Int J Geogr Inform Geovisualization*. 1988;25(3):P.1–14.
18. Yuan M. Temporal GIS and spatio-temporal modeling. // In: *Proceedings of Third International Conference Workshop on Integrating GIS and Environment Modeling*. 1996.
19. Worboys M., Hearnshaw H., Maguire D. Object-oriented data modelling for spatial databases. // *Int J Geogr Inf Syst*. 1990;4(4):P.369–83.
20. Worboys M. A unified model for spatial and temporal information // *Comput J*. 1994;37(1):P.26–34.
21. Gong J. An object-oriented spatio-temporal data model in GIS // *Acta Geodaetica Cartographica Sin*. 1997;26(4):P.289–298.
22. Lu F., Li X., Zhou C., Yin L. Feature-based temporal-spatial data modeling state of the art and problem discussion. // *J Image Graph*. 2001;6(9):P.830–835.
23. Pang M., Shi W. Development of a process-based model for dynamic interaction in spatio-temporal GIS. // *Geoinformatica*. 2002;6(4):P.323–44.
24. Xue C., Zhou C., Su F., Dong Q., Xie J. Research on process-oriented spatio-temporal data model // *Acta Geodaetica Cartographica Sin*. 2010;39(1):P.95–101.
25. Renolen A. History graphs: Conceptual modelling of spatiotemporal data. // In: *Proceedings of GIS Frontiers in Business and Science*. Brno, Czech Republic: International Cartographic Association; 1996.
26. Hatcher G., Maher N. Real-time GIS for marine applications [M] // DAWN J. WRIGHT D J B. In: *Marine and Coastal Geographical Information Systems*. New York: Taylor & Francis; 2000. P. 137–147.
27. Zlatanova S., Holweg D., Coors V. Geometrical and topological models for real-time GIS [C] // In: *Proceedings of the UDMS*. 2004. P. 27–29.
28. Goodchild M. Looking forward: Five thoughts on the future of GIS. // <http://www.esri.com/news/arcwatch/0211/future-of-gis.html>.
29. Chen P.P. The entity-relationship model—toward a unified view of data. // *ACM Trans Database Syst*. 1976; Vol.1, Issue 1:P.9–36.
30. Goodchild M. Geographical data modelling // *Comput Geosci*. 1992;18(4). P.401–408.
31. Yuan M. Representing complex geographic phenomena in GIS. // *Cartogr Geogr Inf Sci*. 2001;28(2):P.83–96.
32. Chen N., Di L., Yu G., Gong J. Geo-processing workflow driven wildfire hot pixel detection under sensor web environment. // *Comput Geosci*. 2010; 36(3):P.362–372.
33. Chen N., Li D., Di L., Gong J. An automatic SWILC classification and extraction for the AntSDI under a Sensor Web environment. // *Can J Remote Sens*. 2010;36 (Supplement 1):P.1–12.
34. Chen N., Chen Z., Di L., Gong J. An efficient method for near-real-time on-demand retrieval of remote sensing observations. // *J Selected Topics Appl Earth Observations Remote Sensing*. 2011;4(3):P.615–625.
35. Chen Z., Di L., Yu G., Chen N. Real-time on-demand motion video change detection in the sensor web environment. // *Comput J*. 2011;54(12):P.2000–2016.
36. Cox S. Observations and Measurements - XML Implementation. [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=41510](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=41510).
37. Botts M. OGC® SensorML: Model and XML Encoding Standard. = OGC® [https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=55939](https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=55939).
38. Bröring A., Stasch C., Echterhoff J. OGC® Sensor Observation Service Interface Standard. [https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=47599](https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=47599).
39. Simonis I., Echterhoff J.. OGC® Sensor Planning Service Implementation Standard. [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=38478](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=38478).
40. Echterhoff J., Everding T. OpenGIS® Sensor Event Service Interface Specification (proposed). [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=29576](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=29576).
41. Schut P. OpenGIS® Web Processing Service. [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=24151](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=24151).
42. The Sensor Web Common Service Platform. <http://gsw.whu.edu.cn:9002/SensorWebProEng/>.
43. Chen N., Yang X., Wang X. Design and implementation of geospatial sensor web information public service platform // *J Geo-information Sci*. 2013;15(6):P.887–894.
44. The Map World. <http://en.tianditu.com/map/index.html>.
45. Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality –the Air Quality Index (AQI). <http://www.epa.gov/airnow/aqi-technical-assistance-document-dec2013.pdf>.
46. Baudet S, Frene P. General packet radio service. // *Alcatel Telecommunications Rev*. 1999;2:P.125–130.
47. Bettstetter C., Vogel H., Eberspacher J. GSM phase 2 +general packet radio service GPRS: architecture, protocols, and air interface // *Ieice Trans Commun*. 2000;E83B(2):P.117–118.
48. Lu G., Wong D. An adaptive inverse-distance weighting spatial interpolation technique. // *Comput*

Geosci. 2008;34(9):1044–1055.

49. Mueller T., Pusuluri N., Mathias K., Cornelius P., Barnhisel R., Shearer S. Map quality for ordinary kriging and inverse distance weighted interpolation. //Soil Sci Soc Am J. 2004;68(6):P.2042–2047.

50. Mueller T., Dhanikonda S., Pusuluri N., Karathanasis A., Mathias K., Mijatovic B. et al. Optimizing inverse distance weighted interpolation with cross-validation. //Soil Sci. 2005;170(7):504–

15.doi:10.1186/1476-072X-14-2 Cite this article as Gong J.J. et al.:Real-time GIS data model and sensor web service platform for environmental data management.// International Journal of Health Geographics. -2015. -14:2.- P.4-13

51. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы и грунтов от 17 апреля 2003 г. № 53. Зарегистрировано в Минюсте РФ 5 мая 2003 г. № 4500.

#### MODELING OF SPATIOTEMPORAL DATA ABOUT THE ENVIRONMENT IN GIS

Vladimir A. Kuzmin<sup>1</sup>, Dr.habil of Veterinary Sciences, Prof., orcid.org/0000-0002-6689-3468

Sergei I. Shanygin<sup>2</sup>, Dr.habil of Economics, Docent,

Sergei An. Chunin<sup>3</sup>,

Georgy S. Nikitin<sup>1</sup>, PhD of Veterinary Sciences, Docent,

Manya Ed. Mkrtchyan<sup>1</sup>, Dr.habil of Veterinary Sciences, Docent,

Zlata G. Kaurova<sup>1</sup>, PhD of Biological Sciences, Docent,

Dmitry An. Orekhov<sup>1</sup>, PhD of Veterinary Sciences, Docent, orcid.org/0000-0002-7858-1947

Andrey V. Tsyganov<sup>1</sup>, PhD of Pedagogical Sciences, Docent,

Akhmed B. Aidiev<sup>1</sup>, PhD of Veterinary Sciences,

Natalia V. Mishchenko<sup>1</sup>, PhD of Biological Sciences, Docent,

Vadim V. Achilov<sup>1</sup>, PhD of Veterinary Sciences, Docent,

<sup>1</sup>St. Petersburg State University of Veterinary Medicine, Russia

<sup>2</sup>Saint Petersburg State University, Russia

<sup>3</sup>St. Petersburg Electrotechnical University "LETI" named after V. Ulyanov (Lenin), Russia

A large number of sensors are used to monitor the environment, and a large volume of spatio-temporal data on epizootic risks and the environment is processed in real time. To date, GIS data models are represented by static models and more modern time models. However, many of the epizootological and environmental data management systems do not meet the requirements of real-time data management. The purpose of the work is to propose, based on the analysis of foreign literature sources, a modern method for managing epizootological and environmental data based on a new GIS model in real time in comparison with the Sensor web service model.

Two experiments were conducted in the urban environment and on the territories of livestock farms with different epizootic situations for potential risk management in zoonoses. Real-time monitoring of air quality and real-time monitoring of soil moisture was carried out in Wuhan (China). The circulation of pathogens of zoonoses and sapronoses in the environment, including in the soil, and their preservation in the form of spores and hard-to-cultivate forms, determines the ecological component of emergent epizootics and epidemics with the coverage of new areas. Experimental results have shown that the use of the proposed GIS data model on the Sensor web service platform for managing epizootological/epidemiological and environmental data in real time is reliable and effective.

**Key words:** epizootological and ecological monitoring, risk of emergent zoonoses and sapronoses, real-time GIS, sensor technologies.

#### REFERENCES

1. Zander F., Kralisch S., Busch C., Flugel WA. Environmental data management with the River Basin Information System.// In: Chan F, Marinova D, Anderssen RS, editors. 19th International Congress on Modelling and Simulation. Perth, Australia: Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand Inc.; 2011. P. 3191–3197.
2. Zhu L., Zhou Y.M., Wu B.F., Luo Z.M. ArcObjects-based eco-environmental data management information system for Three Gorges Project. //In: International Conference on Information Technology and Computer Science. Kiev, Ukraine: Ieee Computer Soc; 2009. P. 263–266.
3. Pokorný J. Data-base architectures: Current trends and their relationships to environmental data management. // Environ Model Softw. 2006;21(11):1579–1586.
4. Sun L., Lei S., Chen Y., Hsieh H., Pepper D. Environmental data management system - from data monitoring, acquisition, presentation to analysis. [http://ncacm.unlv.edu/HTML/research/daq/publication\\_daq\\_pdc2002.pdf](http://ncacm.unlv.edu/HTML/research/daq/publication_daq_pdc2002.pdf).
5. Liu J., Zhang X., Jian X.Y., Jiang B., Chi T.H.. Research on Marine Environmental Data Management in China Digital Ocean Prototype System // In: IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Honolulu, HI:IEEE; 2010. p. 2318–2321. [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=5651468&tag=1](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5651468&tag=1).
6. Bröring A., Echterhoff J., Jirka S., Simonis I., Everding T., Stasch C., et al. New generation sensor web enablement // Sensors. 2011;11(3):P.2652–2699.

7. Gong J., Wu H., Gao W., Yue P., Zhu X. Geospatial service Web //In: Li D, Shan J,Gong J, editors. Geospatial technology for earth observation// 2009. vol. Chapter 13. 1st ed. New York: Springer; P. 355–79. <http://www.barnesandnoble.com/w/geospatial-technology-for-earth-observation-deren-li/1117115908?ean=9781441900500>.
8. van Zyl T.L., Simonis I., McFerren G. The Sensor Web: Systems of sensor systems. //Int J Digital Earth. 2009;2(1):P.16–30.
9. Gong J., Li X., Wu H. Spatiotemporal data model for real-time GIS. //Acta Geodaetica Cartographica Sin. 2014;43(3):P.226–32.
10. Hägerstrand T. What about people in Regional Science? //Papers Reg Sci Assoc. 1970;24(1):P.6–21.
11. Yu H. Spatio-temporal GIS design for exploring interactions of human activities. //Cartogr Geogr Inf Sci. 2006;33(1):P.3–19.
12. Armstrong M. Temporality in spatial databases. //In: Proceedings of the Proceedings: GIS/LIS, San Antonio. 1988. P. 880–9.
13. Peuquet D., Duan N. An event-based spatiotemporal data model (ESTDM) for temporal analysis of geographical data. //Int J Geogr Inf Syst. 1995;9(1):P.7–24.
14. Langran G. Temporal GIS design tradeoffs. // J Urban Reg InfSyst Assoc.1990;2:P.16–25.
15. Langran G. Time in geographic information systems. // London: Taylor & Francis;1992.
16. Chrisman N. The role of quality information in the long-

term functioning of a geographic information system // Cartographica. 1983;21(2&3):P.79–87.

17. Langran G., Chrisman N. A framework for temporal geographic information. Cartographica // Int J Geogr Inform Geovisualization. 1988;25(3):P.1–14.

18. Yuan M. Temporal GIS and spatio-temporal modeling. // In: Proceedings of Third International Conference Workshop on Integrating GIS and Environment Modeling. 1996.

19. Worboys M., Hearnshaw H., Maguire D. Object-oriented data modelling for spatial databases. // Int J Geogr Inf Syst. 1990;4(4):P.369–83.

20. Worboys M. A unified model for spatial and temporal information // Comput J. 1994;37(1):P.26–34.

21. Gong J. An object-oriented spatio-temporal data model in GIS // Acta Geodaetica Cartographica Sin. 1997;26(4):P.289–298.

22. Lu F., Li X., Zhou C., Yin L. Feature-based temporal-spatial data modeling state of the art and problem discussion. // J Image Graph. 2001;6(9):P.830–835.

23. Pang M., Shi W. Development of a process-based model for dynamic interaction in spatio-temporal GIS. // GeoInformatica. 2002;6(4):P.323–44.

24. Xue C., Zhou C., Su F., Dong Q., Xie J. Research on process-oriented spatio-temporal data model // Acta Geodaetica Cartographica Sin. 2010;39(1):P.95–101.

25. Renolen A. History graphs: Conceptual modelling of spatiotemporal data. // In: Proceedings of GIS Frontiers in Business and Science. Brno, Czech Republic: International Cartographic Association; 1996.

26. Hatcher G., Maher N. Real-time GIS for marine applications [M] // DAWN J. WRIGHT D J B. In: Marine and Coastal Geographical Information Systems. New York: Taylor & Francis; 2000. P. 137–147.

27. Zlatanova S., Holweg D., Coors V. Geometrical and topological models for real-time GIS [C] // In: Proceedings of the UDMS. 2004. P. 27–29.

28. Goodchild M. Looking forward: Five thoughts on the future of GIS. // http://www.esri.com/news/arcwatch/0211/future-of-gis.html.

29. Chen P.P. The entity-relationship model-toward a unified view of data. // ACM Trans Database Syst. 1976; Vol.1, Issue 1:P.9–36.

30. Goodchild M. Geographical data modelling // Comput Geosci. 1992;18(4). P.401–408.

31. Yuan M. Representing complex geographic phenomena in GIS. // Cartogr Geogr Inf Sci. 2001;28(2):P.83–96.

32. Chen N., Di L., Yu G., Gong J. Geo-processing workflow driven wildfire hot pixel detection under sensor web environment. // Comput Geosci. 2010; 36(3):P.362–372.

33. Chen N., Li D., Di L., Gong J. An automatic SWILC classification and extraction for the AntSDI under a Sensor Web environment. // Can J Remote Sens. 2010;36 (Supplement 1):P.1–12.

34. Chen N., Chen Z., Di L., Gong J. An efficient method for near-real-time on-demand retrieval of remote sensing observations. // J Selected Topics Appl Earth Observations

Remote Sensing. 2011;4(3):P.615–625.

35. Chen Z., Di L., Yu G., Chen N. Real-time on-demand motion video change detection in the sensor web environment. // Comput J. 2011;54(12):P.2000–2016.

36. Cox S. Observations and Measurements - XML Implementation. [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=41510](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=41510).

37. Botts M. OGC® SensorML: Model and XML Encoding Standard. = OGC® [https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=55939](https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=55939).

38. Bröring A., Stasch C., Echterhoff J. OGC® Sensor Observation Service Interface Standard. [https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=47599](https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=47599).

39. Simonis I., Echterhoff J. OGC® Sensor Planning Service Implementation Standard. [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=38478](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=38478).

40. Echterhoff J., Everding T. OpenGIS® Sensor Event Service Interface Specification (proposed). [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=29576](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=29576).

41. Schut P. OpenGIS® Web Processing Service. [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=24151](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=24151).

42. The Sensor Web Common Service Platform. <http://gsw.whu.edu.cn:9002/SensorWebProEng/>.

43. Chen N., Yang X., Wang X. Design and implementation of geospatial sensor web information public service platform // J Geo-information Sci. 2013;15(6):P.887–894.

44. The Map World. <http://en.tianditu.com/map/index.html>.

45. Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality –the Air Quality Index (AQI). <http://www.epa.gov/airnow/aqi-technical-assistance-document-dec2013.pdf>.

46. Baudet S., Frene P. General packet radio service. // Alcatel Telecommunications Rev. 1999;2:P.125–130.

47. Bettstetter C., Vogel H., Eberspacher J. GSM phase 2 +general packet radio service GPRS: architecture, protocols, and air interface // IEEE Trans Commun. 2000;E83B(2):P.117–118.

48. Lu G., Wong D. An adaptive inverse-distance weighting spatial interpolation technique. // Comput Geosci. 2008;34(9):1044–1055.

49. Mueller T., Pusuluri N., Mathias K., Cornelius P., Barnhisel R., Shearer S. Map quality for ordinary kriging and inverse distance weighted interpolation. // Soil Sci Soc Am J. 2004;68(6):P.2042–2047.

50. Mueller T., Dhanikonda S., Pusuluri N., Karathanasis A., Mathias K., Mijatovic B. et al. Optimizing inverse distance weighted interpolation with cross-validation. // Soil Sci. 2005;170(7):504–15. doi:10.1186/1476-072X-14-2 Cite this article as Gong J.J. et al.: Real-time GIS data model and sensor web service platform for environmental data management. // International Journal of Health Geographics. -2015. -14:2.- P.4-13

51. SanPiN 2.1.7.1287-03. Sanitary and epidemiological requirements for the quality of soil and soils dated April 17, 2003 No. 53. Registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on May 5, 2003 No. 4500.

УДК: 661.12

DOI: 10.52419/issn2782-6252.2022.3.50

## ВЕТЕРИНАРНО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ НА СТРАЖЕ ЗДОРОВЬЯ ЖИВОТНЫХ: СОВРЕМЕННОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ

*Барсуков Юрий Иванович  
Президент Ассоциации «Ветбиопром», Россия*

(сообщение)

### РЕФЕРАТ

Обеспечение эпизоотического благополучия на территории Российской Федерации является неотъемлемой частью концепции о национальной безопасности страны. С целью реализации планов по улуч-