

## Обеспечение полноты и актуальности пространственной информации в распределенных вычислительных системах больших организаций

В.Д. Трубин <sup>1</sup>✉, С.В. Павлов <sup>1</sup>, О.И. Христуло <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Уфимский университет науки и технологий (УУНиТ), г. Уфа, 450076, Россия

### Ссылка для цитирования

Трубин В.Д., Павлов С.В., Христуло О.И. Обеспечение полноты и актуальности пространственной информации в распределенных вычислительных системах больших организаций // Программные продукты и системы. 2024. Т. 37. № 2. С. 221–229. doi: 10.15827/0236-235X.142.221-229

### Информация о статье

Группа специальностей ВАК: 2.3.1

Поступила в редакцию: 15.06.2023

После доработки: 22.02.2024

Принята к публикации: 06.03.2024

**Аннотация.** Применение информационных технологий для сбора, управления и обработки больших объемов разнородной информации об организациях с целью управления ими давно стало естественной практикой. Поиск эффективных методов хранения и обработки информации о вычислительной инфраструктуре организации остается актуальной задачей и сегодня. В данной работе авторы исследуют использование геоинформационных технологий для обработки пространственной и атрибутивной информации об объектах вычислительной инфраструктуры организации на примере университета как сложной распределенной структуры. Одной из важнейших задач является централизованное хранение полных и актуальных пространственных данных с разграничением доступа пользователей из разных подразделений к различным частям БД для обеспечения безопасности данных. Результатом работы стал механизм формирования распределенной пространственной структуры данных, предназначенной для хранения геоданных с учетом пространственного распределения отдельных подразделений организации. Приведена схема взаимодействия различных подразделений организации с базой геоданных. Результаты исследований могут найти применение при разработке структуры хранения геоданных об объектах компьютерной инфраструктуры, а также в любой другой сфере деятельности организации. Разработанная для геоинформационной системы университета подсистема автоматизированного обеспечения достоверности и актуальности пространственных данных позволяет ускорить обработку пространственной информации в БД, исключить дублирование устаревших данных и тиражирование актуальных, оставляя при этом различные формы представления этой информации для каждой из подсистем в рамках одной геоинформационной системы.

**Ключевые слова:** геоинформационная система, пространственная БД, атрибутивная БД, сложная распределенная система, вычислительная инфраструктура, методы хранения и обработки данных

**Введение.** С применением информационных технологий управление сложными распределенными организациями существенно упростилось. Вся деятельность организации в той или иной степени проходит через информационные системы, предназначенные для автоматизации (бухгалтерский учет, оповещение о приказах руководства, управление деятельностью отдельных подразделений и т.д.). При проектировании подобных систем необходимо решать множество задач, например, в каком виде должна быть информация, пропускаемая через систему, какие методы использовать для управления этой информацией и как ее эффективно обрабатывать.

Задача существенно усложняется, когда система проектируется для сложной распределенной организации, что делает систему тоже сложной и распределенной. Ранее авторами уже рассматривались некоторые подходы к анализу, структурированию и организации разнородных данных для сложных распределенных информационных систем [1]. В частности,

применение геоинформационных технологий для обработки пространственной и атрибутивной информации об объектах организации с целью повышения эффективности ее функционирования.

Эксплуатация ресурсов информационных технологий организации, в свою очередь, также является задачей по управлению сложной распределенной системой, поскольку компьютерная инфраструктура включает в себя все многообразие вычислительных ресурсов (серверы, стационарные компьютеры, мобильные устройства, средства виртуализации), устройств ввода-вывода информации (принтеры, мониторы, сканеры, многофункциональные устройства), объединенных в вычислительную сеть с помощью специальных средств (линии связи, маршрутизаторы, коммутаторы и др.). Огромное количество и разнообразие компьютерной техники повышают сложность задачи сбора, обработки, планирования технического обслуживания и ремонтных работ, а актуальность задачи хранения информации о вычислительной

технике подтверждается существующими исследованиями и разработками в этой области [2–4]. Однако типовая подобная система не использует пространственное расположение техники для поддержки принятия решений. Для обеспечения качественного создания и функционирования этой инфраструктуры существенное значение имеет информация о местоположении и взаимном расположении ее отдельных компонентов, а также о расположении сопутствующей инфраструктуры (планы помещений, сеть электроснабжения и др.) и основных ее пользователей (потребителей), что приводит к необходимости автоматизированной обработки такой информации, называемой пространственной [1], и обуславливает создание пространственной БД.

В качестве объекта исследования был взят Уфимский государственный авиационный технический университет (далее – университет) как сложная распределенная система. Университет включает множество подразделений, каждое из которых оперирует собственными массивами данных. Для хранения и обработки этих разнородных данных в виде пространственных и атрибутивных записей разработана *геоинформационная система* (ГИС) университета. Помимо собственно данных и атрибутивной информации, она включает в себя решаемые задачи и пользователей системы (как людей, так и алгоритмы управления), в совокупности образующие сложную структуру современного управления университетом. Исследования в этой области [5] идентифицируют подобную систему как информационно-управляющую (ИУС), однако также не учитывают пространственное расположение ее объектов как дополнительный инструмент управления. Представленная на рисунке 1 структура хранения и использования пространственных данных отражает некоторые типовые пользовательские роли в подобной распределенной системе, обеспечивающей автоматизацию определенных видов вузовской деятельности. Рассмотрим более детально компьютерную инфраструктуру университета как основной инструмент обработки информации.

#### **Обеспечение полноты и актуальности компьютерной инфраструктуры**

Разрабатываемая ГИС должна содержать в себе пространственные данные, удовлетворяющие запросам и требованиям различных организационных структур, покрывающих зна-

чительную часть деятельности университета. В качестве надежных источников этих данных выступают официальные чертежи, планы корпусов и схемы коммуникации, однако даже в таком случае не исключена вероятность обнаружения неточностей при интеграции данных из двух разных источников.

Это связано с отсутствием мероприятий по своевременной актуализации чертежей, упростить организацию которых может помочь наличие единого источника информации в виде ГИС. Подобная проблема характерна и для атрибутивной информации, полученной на основе анализа бухгалтерского учета технического оснащения помещений университета [6]. Поэтому, помимо официальных источников данных, в организации баз пространственных и атрибутивных данных используются материалы, полученные на основе полевых исследований, а также чертежи и планы, не имеющие юридической силы, но отражающие более актуальную информацию об окружающей действительности. В частности, именно эти документы представляют собой основной источник данных для наполнения БД помещений, необходимых для функционирования большинства подсистем в составе ГИС университета (<http://www.swsys.ru/uploaded/image/2024-2/13.jpg>).

Полнота данных как основной критерий разнообразия функциональных возможностей информационной системы [5] является показателем ее пригодности к последующему применению, то есть к анализу инфраструктуры университета. Каждой из существующих подсистем ГИС необходим собственный набор данных, иногда пересекающийся с другими подсистемами в виде полей в атрибутивных таблицах или в одинаковых слоях пространственных объектов.

Актуальность данных обеспечивается за счет своевременного обновления БД системы. В ГИС университета актуальность данных поддерживается пользователями системы на уровне своих подсистем. Сотрудник подразделения, данные которого устарели, обновляет информацию об объектах своего интереса, используя инструментарий ГИС. Для внесения этих изменений можно использовать условные обозначения на специальных слоях, но в проекте предполагается разработка специального инструментария. Эти изменения отправляются на сервер кафедры ГИС, курирующей проект, где администратор системы, в свою очередь, подтверждает внесение предложенных изменений в централизованную БД. В дальнейшем со-

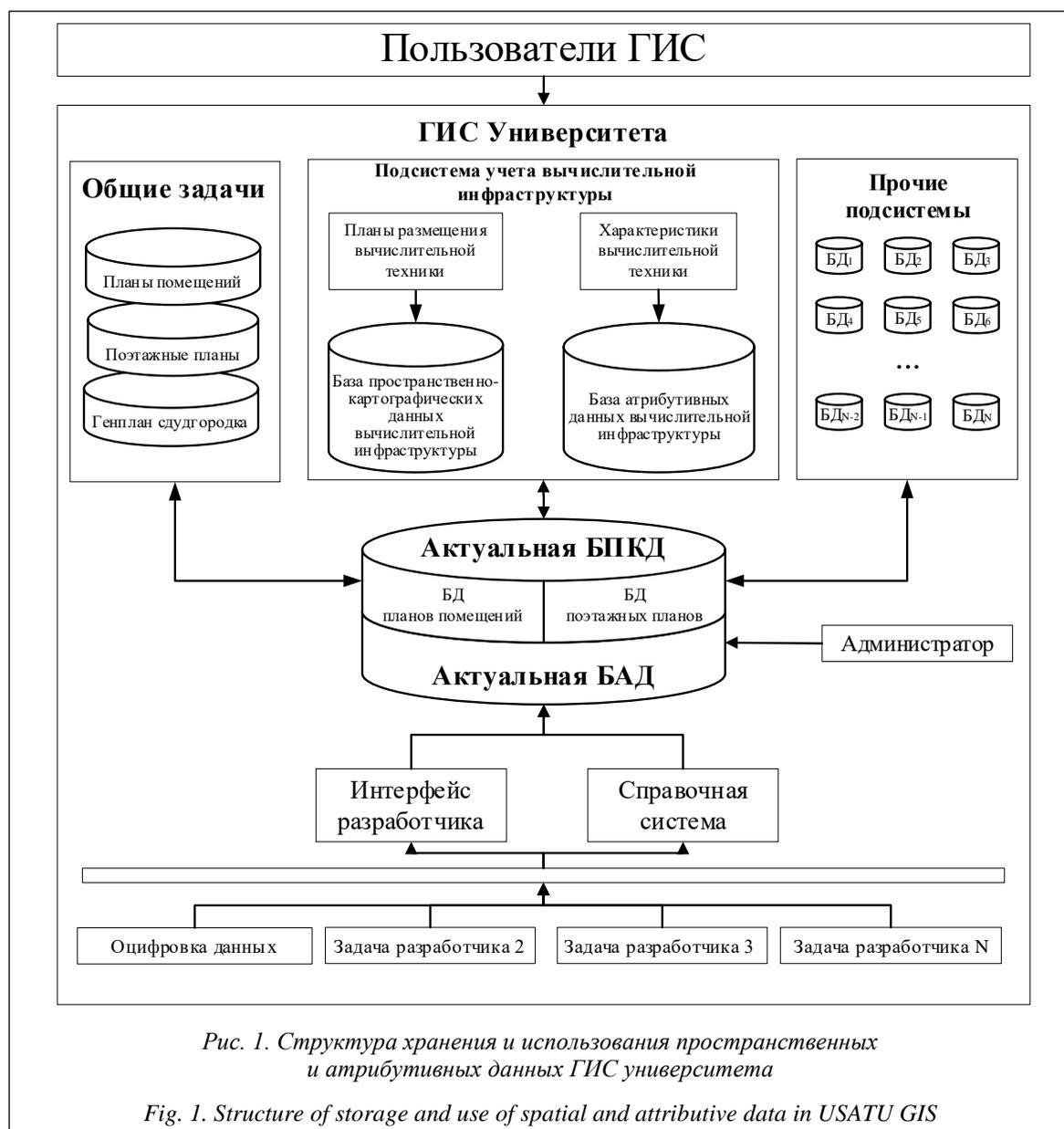


Рис. 1. Структура хранения и использования пространственных и атрибутивных данных ГИС университета

Fig. 1. Structure of storage and use of spatial and attributive data in USATU GIS

трудники других подразделений, которые используют ту же информацию, получат обновленные данные с сервера. С точки зрения организации такой распределенной БД имеет смысл рассматривать реляционную СУБД как основной механизм управления этими данными. Необходимо сохранять целостность и непротиворечивость данных в системе. Помимо этого, подразумевается многопользовательская работа с обозначенными данными, а обеспечить их корректность при такой работе позволяет механизм транзакций реляционных СУБД. Все изменения и новая информация вносятся в БД человеком вручную, и в быстрой обработке поступающих данных нет необходимости [7, 8].

Под защищенностью понимается централизованное хранение полных и актуальных данных с разграничением доступа пользователей разных подразделений к разным участкам БД [9]. Предоставление доступа ко всей базе пространственных данных сотрудникам подразделений не только излишне, но и небезопасно с точки зрения сохранности данных в актуальном виде [10].

Одной из важнейших задач, решаемых ГИС университета, является учет имущества, связанного с вычислительными системами учреждения. Информация об объектах вычислительной инфраструктуры является важным аспектом, определяющим политику развития университета в целом. Для эффективного

управления информационной системой университета недостаточно физических характеристик существующих рабочих станций, серверного оборудования и сетевых каналов. Различным структурным подразделениям необходима специфическая информация об инфраструктуре вычислительных коммуникаций, состоянии вычислительных машин, установленном ПО и т.п. В дальнейшем эти сведения могут быть использованы подразделением для последующей обработки в целях администрирования сетей, безопасности, анализа аппаратного обеспечения с последующей закупкой нового оборудования и пр.

Существуют программные продукты, реализующие централизованный опрос и учет всей вычислительной техники [11] в рамках отдельно взятой локальной сети, однако ни один из них не использует пространственные данные в качестве дополнительного атрибута для последующего анализа. Помимо трудностей при хранении пространственной информации совместно с большим объемом атрибутивных данных, возникает вопрос обеспечения актуальности непосредственно пространственных данных, поскольку в отличие от разного рода географических объектов и недвижимости пространственное расположение точечных объектов в выбранной исследовательской области может изменяться достаточно часто.

Потребителями этой информации являются все кафедры университета. Каждая кафедра несет ответственность за свои вычислительные мощности.

На текущий момент для предоставления требуемого набора данных сущности, которая его запрашивает, необходимо собрать всю возможную информацию в единую БД, после чего разработчики ГИС университета приводят ее в понятный для конечного пользователя вид.

Одним из наиболее востребованных современных подходов к разработке подобных распределенных ГИС с возможностью многопользовательского редактирования данных в едином хранилище является организация геопортала [12]. Однако такой подход подразумевает использование внутреннего инструментария геопортала для редактирования данных, что не всегда удобно для пользователя без определенных знаний о ГИС. Поэтому приведение информации и методов ее использования в удобный для конечного пользователя вид также является основополагающим критерием при разработке ГИС распределенной организации для специалистов разных профилей.

Описывается как атрибутивная, так и пространственная информация. Основная проблема, с которой предстоит столкнуться разработчикам ГИС при анализе и работе с этими данными, – противоречивость и разное качество данных из различных источников. Для ее решения необходимо разработать дополнительную подсистему проверки полноты и актуальности вводимых данных.

Сопоставление пространственной информации в такой подсистеме должно проводиться вручную, поскольку разные источники информации могут по-разному выделить один и тот же объект в пределах помещений. В этом случае критерием отбора является источник, чья информация наиболее полная и актуальная. Такими источниками могут выступать максимально приближенные к дате сбора пространственных данных официальная документация архитектурных планов этажей помещений, инвентарная опись имущества отдельных подразделений, акты закупок и иные виды документов, подтверждающие наличие и утверждающие характеристики рабочего оборудования. Информация из этих источников должна быть синхронизирована с другими подсистемами, работающими с этой же пространственной информацией, таким образом, чтобы при удалении или добавлении новых объектов инфраструктуры изменения отражались в каждой из подсистем. Таким образом, первичное наполнение актуальными данными будет проводиться на основе документации и ее ручной проверки на соответствие реальному положению вещей на момент сбора, а их дальнейшая актуализация по мере необходимости будет обеспечена в рамках работы ГИС сотрудниками подразделений, ответственными за конкретную информацию.

Синхронизация атрибутивных данных в настоящее время не производится, поскольку каждому из подразделений необходим свой набор данных. Одна и та же информация представляется конечному пользователю в разном виде, что приводит к ее дублированию в БД. В качестве решения этой проблемы с целью оптимизации БД возможно программно реализовать слияние информации из разных источников в единую атрибутивную таблицу, после чего размножить ее на каждый пространственный объект. Однако в таком случае информация в БД будет избыточной и должна дополнительно обрабатываться методами нормализации [13]. Общая сводная атрибутивная таблица должна генерироваться на основе данных

из разных подсистем, чтобы предоставлять эту информацию по требованию пользователей. Подразделения же должны работать со своими данными и иметь возможность вносить в них изменения только в своих подсистемах, не влияя на полную информацию об объектах. Таким образом будет обеспечиваться актуальность данных в системе. Цель реализации описанного подхода – разработка механизма формирования структуры распределенных пространственных данных и подсистемы автоматизированного обеспечения достоверности и актуальности.

### Механизм формирования структуры распределенных пространственных данных

Для эффективной организации пространственных данных нескольких подразделений и управления ими предлагается сформировать базу геоданных, учитывающую территориальную распределенность отдельных подразделений организации (рис. 2).

В качестве потока данных подсистемы подразделений организации из БД принимают витрину данных как специализированное хранилище, обслуживающее единственное направление деятельности организации или подразделения. Достоинством применения витрины является относительная простота семантики данных в пределах одной витрины [14], что упростит работу с подсистемами сотрудникам разной квалификации.

Используя математический аппарат, можно представить БД ГИС университета в виде сово-

купности множеств пространственных и атрибутивных данных разных подразделений:

$$BD_0 = \{BPKD, BAD\}, \tag{1}$$

$$BPKD = \{K^i\}, i = \overline{1, n},$$

где BPKD – база пространственно-картографических данных; BAD – база атрибутивных данных;  $K^i$  – совокупность карт  $i$ -го подразделения;  $n$  – количество подразделений, использующих ГИС университета в качестве источника пространственных данных.

Объединим две записи в одну:

$$BD_0 = \sum_{i=1}^n BD_i, \tag{2}$$

где  $BD_0$  – центральная база геоданных информационной системы;  $BD_i$  – база геоданных  $i$ -го подразделения организации.

Однозначно можно выделить из БД отдельных подразделений базу геоданных, содержащую поэтажные планы организации ( $BD_3$ ). Из этих данных состоит база геоданных любого подразделения, и в репликации этих данных нет необходимости. В итоге база геоданных каждого подразделения будет состоять из БД помещений ( $BD_{pi}$ ) и БД специализированной информации ( $BD_i$ ). Таким образом, БД  $i$ -го подразделения можно определить как

$$BD_i = BD_3 + BD_{pi} + BD_i. \tag{3}$$

В таком случае выражение (1) будет иметь вид

$$BD_0 = BD_3 + \sum_{i=1}^n (BD_i + BD_{pi}). \tag{4}$$

Следует учитывать, что существует область данных, необходимая нескольким подразделениям одновременно, в частности, именно БД

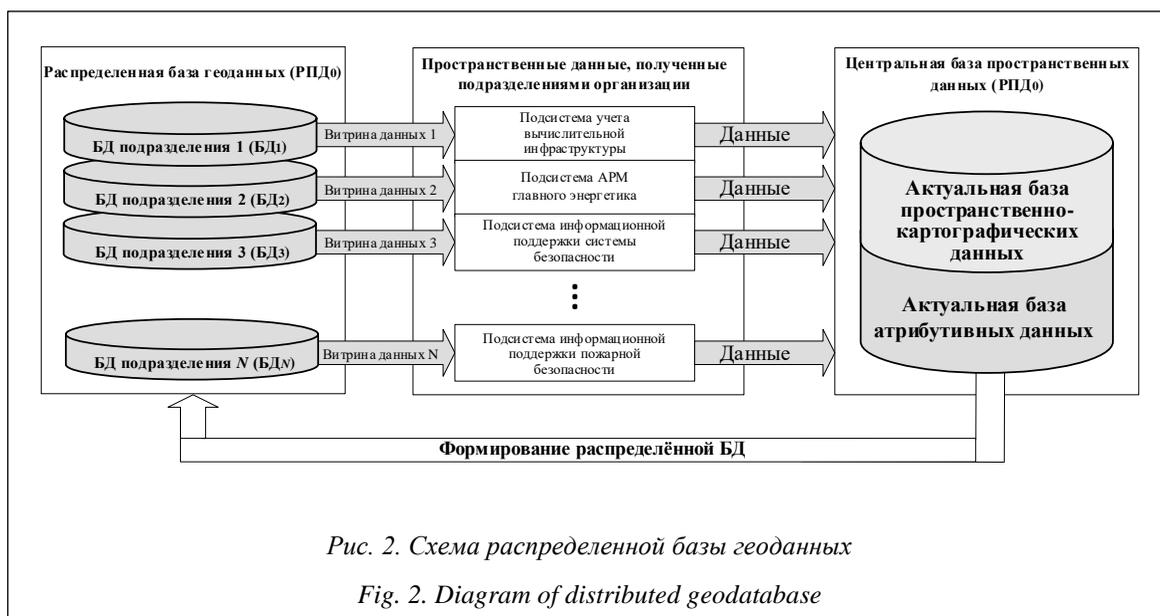


Рис. 2. Схема распределенной базы геоданных

Fig. 2. Diagram of distributed geodatabase

помещений. В качестве примера возьмем помещения кафедры ГИС, БД которой ( $БД_{п.каф.ГИС}$ ) будет состоять из границ помещений, закрепленных за кафедрой, инвентаря этих помещений и линий коммуникаций, включающих в себя вычислительные и электросети. Помимо кафедры ГИС, доступ к данным об этих объектах необходим бухгалтерии, инженерам электрических коммуникаций и управлению информационных технологий. Учитывая это, необходимы выражения, описывающие такие общие базы геоданных для двух подразделений:

$$БД_{nik}^{\Delta} = БД_{ni} \cap БД_{nk}, \quad i = \overline{1, n}; \quad k = \overline{1, n}; \quad i \neq k, \quad (5)$$

для трех подразделений:

$$\begin{aligned} \overline{БД_{nijk}} &= БД_{ni} \cap БД_{nk} \cap БД_{nj} = \\ &= БД_{nik}^{\Delta} \cap БД_{njk}^{\Delta} \cap БД_{nij}^{\Delta}, \end{aligned} \quad (6)$$

где  $i, j, k = \overline{1, n}; i \neq j \neq k$ .

Структура распределенной базы геоданных представлена на рисунке 3.

Выражение (6) справедливо для случая, когда данные одних и тех же помещений доступны трем подразделениям, однако в системе возможна ситуация, когда  $n = i$ , то есть количество подразделений, которым необходимы данные по помещению, равно максимально возможному количеству подразделений. Для решения именно этой задачи предусмотрен механизм обеспечения достоверности и актуальности данных.

Его основными функциями являются отправка единого информационного потока с данными о помещениях во все БД подразделений, которым это необходимо, и принятие произведенных в одной из распределенных БД изменений, отправка их в централизованную БД и дальнейшее распространение уже отредактированной информации.

Для обеспечения контроля над безопасностью при эксплуатации системы предусмотрены механизмы репликации журналов тран-

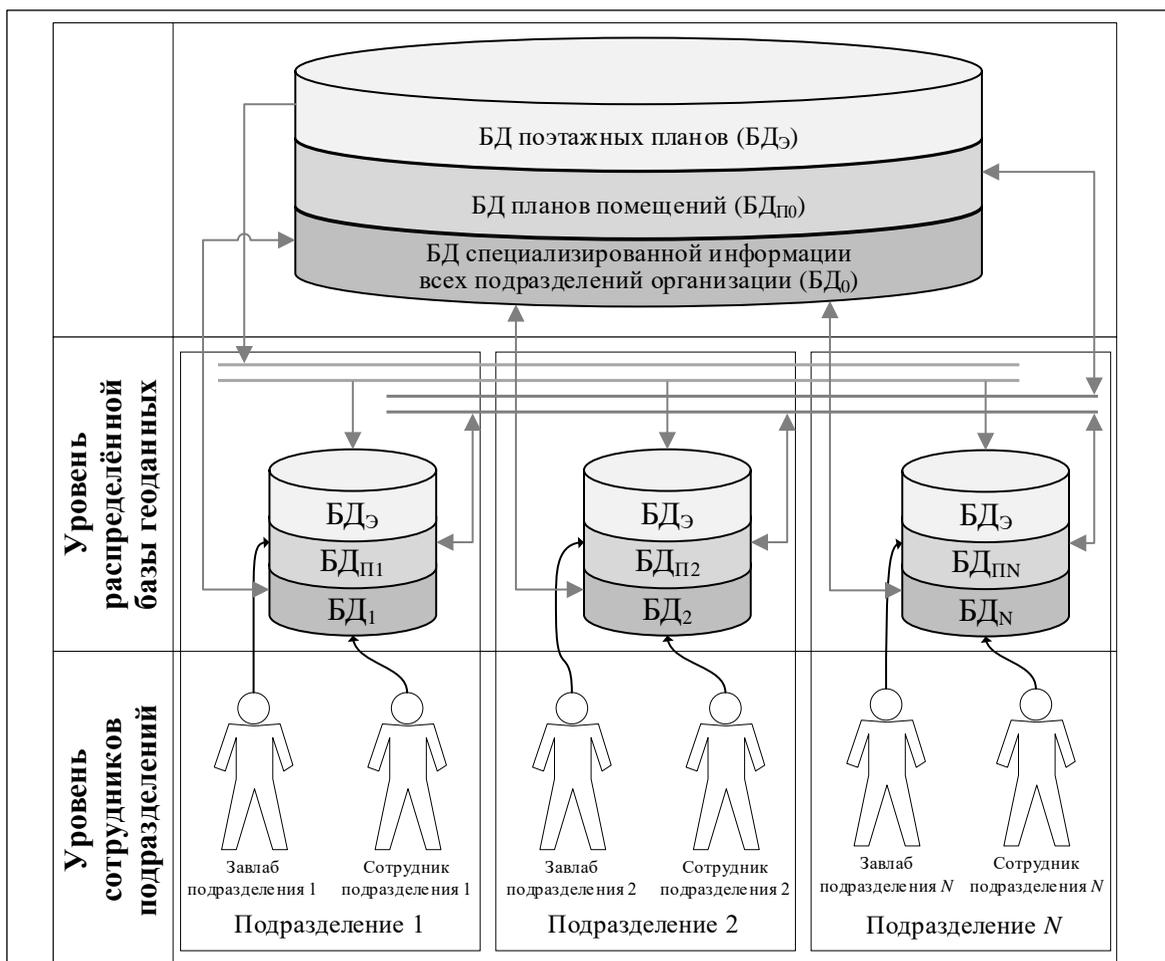


Рис. 3. Структура взаимодействия подразделений с распределенной базой геоданных

Fig. 3. Interaction of departments with a distributed geodatabase

закций и таблиц пользователей на уровнях центральной и распределенной баз геоданных. На уровне центральной БД в реляционной СУБД хранится информация о пользователях, их ролях и привилегиях в отношении чтения и изменения пространственных и атрибутивных данных. Эта информация передается в БД подразделений для авторизации и аутентификации в системе встроенными средствами СУБД и ГИС. Добавление новых учетных записей выполняется администратором системы в центральной базе. Журналы транзакций, выполняющие функцию аудита системы, напротив, реплицируются из БД подразделений в центральную. Поскольку перед применением внесенных изменений новые данные отправляются на проверку администратору, репликация записей журнала транзакций происходит только после одобрения со стороны центральной БД. Если же изменения отклоняются, запись о них остается в журнале БД подразделения до тех пор, пока замечания администратора не будут устранены и транзакция новых данных в центральную базу не будет успешно завершена. Для каждой БД подразделения в центральной базе хранятся соответствующая полная копия журнала транзакций, а также полный журнал центральной БД, что создает избыточность, однако необходимо для внедрения дополнительного функционала работы с системой и для ее дальнейшего развития.

Резервное копирование выполняется для центральной БД посредством создания инкрементальных копий на сервере кафедры ГИС с определенной периодичностью методами обслуживающей СУБД. На момент создания резервной копии все действия с данными должны быть завершены, чтобы исключить возможность возникновения ошибок. Резервное копирование распределенных БД выполнять нецелесообразно ввиду наличия общей копии, хранящейся в центральной БД. Возможен вариант с созданием локальных копий БД каждого отдельно взятого подразделения, что упростит процедуру восстановления данных в случае их разрушения, однако потребует гораздо боль-

шего объема хранилища, а это может негативно сказаться на дальнейшем развитии проекта вследствие его масштабирования по ходу разработки новых подсистем.

### Заключение

Полнота данных обеспечивается за счет одновременной работы с одними и теми же данными разными подразделениями сложной распределенной организации, где каждое отвечает за полноту собственных данных. Данные из разных подразделений хранятся централизованно, что при полном доступе к центральной БД позволяет получить большой объем данных, описывающих организацию максимально полно.

Актуальность данных обеспечивается за счет того же разграниченного доступа. Каждое подразделение актуализирует собственный набор данных в системе по мере ее обновления в организации, а администратор системы подтверждает принимаемые в центральной БД изменения, что гарантирует достоверность внесенных изменений и актуальность полученных в системе данных.

Защищенность с точки зрения сохранности данных от изменений со стороны обеспечивается за счет разграниченного доступа к нескольким БД, формируемых системой. Доступ к информации одной предметной области предоставляется лишь тем подразделениям, работа которых связана с этой предметной областью, что гарантирует отсутствие нежелательных изменений атрибутивных или пространственных данных работниками других подразделений.

Упомянутая подсистема автоматизированного обеспечения достоверности и актуальности пространственных данных позволяет ускорить процесс обработки пространственной информации в ГИС УГАТУ на предмет исключения дублирования устаревших данных и тиражирования актуальных данных, при этом оставляя разные формы представления информации для каждой из подсистем, функционирующих в рамках одной ГИС.

### Список литературы

1. Брекоткина Е.С., Павлов А.С., Павлов С.В., Трубин В.Д., Христодуло О.И. Информационная поддержка управления компьютерной инфраструктурой сложных распределенных систем // Вестн. компьютерных и информационных технологий. 2022. Т. 19. № 3. С. 23–32. doi: 10.14489/vkit.2022.03.pp.023-032.
2. Горбунов И.Д., Антаев М.П., Гаптуллазянова Г.И. Информационная система учета компьютерной техники // Междунар. форум Kazan Digital Week-2022: сб. матер. 2022. С. 172–180.
3. Ахунова И.Г., Козлов А.Н. Автоматизация учета компьютерной и копировально-множительной техники // Инженерное обеспечение в реализации социально-экономических и экологических программ АПК: матер. науч.-практич. конф. 2020. С. 345–349.

4. Миних Е.А., Шамбер О.Ю. Программная реализация базы данных приложения для ведения учета заявок обслуживания компьютерной техники в центре информационных технологий вуза // Форум молодых ученых. 2019. № 1-2. С. 853–856.
5. Попов Ф.А., Ануфриева Н.Ю. Особенности и проблемы построения сложных интегрированных ИУС для целей комплексного управления деятельностью университета // Информация и образование: границы коммуникаций INFO: матер. Междунар. науч.-практич. конф. 2020. № 12. С. 31–33.
6. Брекоткина Е.С., Павлов А.С., Павлов С.В., Христодуло О.И., Трубин В.Д. Анализ и синтез структуры пространственных данных для управления сложными распределенными системами // ИТиС: тр. науч. конф. 2020. С. 120–124.
7. Никишин Д.А. Сопоставление особенностей представления геоданных в картографии и в геоинформатике // Системы и средства информатики. 2018. Т. 28. № 2. С. 60–74. doi: 10.14357/08696527180205.
8. Мацук М.А., Кяхяри И.И., Алтанец Я.В. Реляционные и нереляционные системы БД // Modern Science. 2021. № 3-2. С. 519–524.
9. Брекоткина Е.С., Павлов С.В., Трубин В.Д., Христодуло О.И. Управление проектом создания сложной геоинформационной системы на основе специализированного справочника // Системная инженерия и информационные технологии. 2021. Т. 3. № 2. С. 66–73. doi: 10.54708/26585014\_2021\_32666.
10. Яготинцева Н.В., Татарникова Т.М. Защита данных геоинформационных систем // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. 2019. № 1. С. 131–133.
11. Наймушина О.Э. Организация учета компьютерной техники и программного обеспечения // МНИЖ. 2018. № 4. С. 120–122.
12. Ямашкин А.А., Ямашкин С.А. Геопорталы как инструмент доступа к облачным хранилищам данных о метеосистемах // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2022. Т. 22. № 4. С. 251–261. doi: 10.18500/1819-7663-2022-22-4-251-261.
13. Заимов А.И., Ронжин А.Е. Современные методы проектирования баз данных // АВСЭ. 2020. № 11. С. 510–514.
14. Некрасов А.А., Гаврилов С.О., Беленькая М.Н. Средства создания хранилищ данных // ТИТ. 2021. Т. 8. № 1. С. 75–80.

### Ensuring spatial information completeness, relevance and security in distributed computing systems of large organizations

Vladislav D. Trubin <sup>1</sup>✉, Sergey V. Pavlov <sup>1</sup>, Olga I. Khristodulo <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ufa University of Science and Technology, Ufa, 450076, Russian Federation

#### For citation

Trubin, V.D., Pavlov, S.V., Khristodulo, O.I. (2024) 'Ensuring spatial information completeness, relevance and security in distributed computing systems of large organizations', *Software & Systems*, 37(2), pp. 221–229 (in Russ.). doi: 10.15827/0236-235X.142.221-229

#### Article info

Received: 15.06.2023

After revision: 22.02.2024

Accepted: 06.03.2024

**Abstract.** Nowadays, it is a matter of course to use information technologies for collecting, managing and processing large volumes of heterogeneous information about organizations to manage them. The search for effective methods of storing and processing information on an organization computing infrastructure in order to manage that infrastructure more effectively remain an urgent task, as system administrators take an individual approach to each system. This paper investigates the use of GIS technologies to process spatial and attributive information about organization computing infrastructure objects on the example of a university as a complex distributed structure. One of the most important tasks is centralized storage of full and actual spatial data with access rights differentiation for users from different departments to different parts of a database to ensure data security. The result is a mechanism for forming a distributed spatial data structure designed to store geodata, taking into account the spatial distribution of organization individual subdivisions. The paper presents a diagram of interaction between different divisions of an organization with a geodatabase. The resulted research can be used for developing a storage structure of geodata about computer infrastructure objects, and any other area of organization activity. The subsystem of automated ensuring spatial data reliability and relevance that was developed for university GIS allows accelerating the processing of spatial information in a database eliminating outdated data duplication and current data replication, while leaving different forms of presenting this information for each GIS subsystem.

**Keywords:** GIS, spatial database, attributive database, complex distributed system, computing infrastructure, data storage and processing methods

## References

1. Brekotkina, E.S., Pavlov, A.S., Pavlov, S.V., Trubin, V.D., Khristodulo, O.I. (2022) 'Information support for managing the computer infrastructure of complex distributed systems', *Herald of Computer and Information Technologies*, 19(3), pp. 23–32 (in Russ.). doi: 10.14489/vkit.2022.03.pp.023-032.
2. Gorbunov, I.D., Antaev, M.P., Gaptullazyanova, G.I. (2022) 'Computer equipment accounting information system', *Proc. Int. Forum Kazan Digital Week-2022*, pp. 172–180 (in Russ.).
3. Akhunova, I.G., Kozlov, A.N. (2020) 'Automation accounting of computer and copying and multiplying equipment', *Proc. Sci-Pract. Conf. Engineering Support in Implementing Socio-Economic and Environmental Programs of the Agro-Industrial Complex*, pp. 345–349 (in Russ.).
4. Minikh, E.A., Shamber, O.Yu. (2019) 'Software implementation of the application database for keeping records of computer maintenance applications at the university information technology center', *Forum of Young Scientists*, (1-2), pp. 853–856 (in Russ.).
5. Popov, F.A., Anufrieva, N.Yu. (2020) 'Features and problems of construction of complex integrated information and control systems (ICS) for the purposes of integrated management of the university', *Proc. Int. Sci.-Pract. Conf. Information and Education: Borders of Communication*, (12), pp. 31–33 (in Russ.).
6. Brekotkina, E.S., Pavlov, A.S., Pavlov, S.V., Khristodulo, O.I., Trubin, V.D. (2020) 'Analysis and synthesis of spatial data structure for managing complex distributed systems', *Proc. ITaS*, pp. 120–124 (in Russ.).
7. Nikishin, D.A. (2018) 'Comparison of the features of the representation of geodata in cartography and geoinformatics', *Systems and Means of Informatics*, 28(2), pp. 60–74 (in Russ.). doi: 10.14357/08696527180205.
8. Matsuk, M.A., Kyakhyari, I.I., Altanets, Ya.V. (2021) 'Relational and Non-Relational Database Systems', *Modern Science*, (3-2), pp. 519–524 (in Russ.).
9. Brekotkina, E.S., Pavlov, S.V., Trubin, V.D., Khristodulo, O.I. (2021) 'Project management for creating a complex geographic information system based on a specialized reference book', *Systems Eng. and Inform. Tech.*, 3(2), pp. 66–73 (in Russ.). doi: 10.54708/26585014\_2021\_32666.
10. Yagotinceva, N.V., Tatarnikova, T.M. (2019) 'Data protection geographic information systems', *Inform. Tech. and Systems: Management, Economics, Transport, Law*, (1), pp. 131–133 (in Russ.).
11. Naymushina, O.E. (2018) 'Organization of computer engineering and software accounting', *Int. Research J.*, (4), pp. 120–122 (in Russ.).
12. Yamashkin, A.A., Yamashkin, S.A. (2022) 'Geoportals as a tool for access to cloud storage of metageosystems data', *Izv. of Saratov University. Earth Sci.*, 22(4), pp. 251–261 (in Russ.). doi: 10.18500/1819-7663-2022-22-4-251-261.
13. Zaimov, A.I., Ronzhin, A.E. (2020) 'Modern Methods for Database Design', *Actual Issues of the Modern Economics*, (11), pp. 510–514 (in Russ.).
14. Nekrasov, A.A., Gavrilov, S.O., Belenkaya, M.N. (2021) 'Overview of data warehouse development tools', *TIT*, 8(1), pp. 75–80 (in Russ.).

## Авторы

**Трубин Владислав Дмитриевич**<sup>1</sup>, аспирант,  
ассистент кафедры, trubin.vd@ugatu.su  
**Павлов Сергей Владимирович**<sup>1</sup>,  
д.т.н., профессор, psvgis@mail.ru  
**Христодуло Ольга Игоревна**<sup>1</sup>, д.т.н.,  
профессор, o-hristodulo@mail.ru

<sup>1</sup> Уфимский университет науки и технологий  
(УУНиТ), г. Уфа, 450076, Россия

## Authors

**Vladislav D. Trubin**<sup>1</sup>, Postgraduate Student,  
Teaching Assistant, trubin.vd@ugatu.su  
**Sergey V. Pavlov**<sup>1</sup>, Dr.Sc. (Engineering),  
Professor, psvgis@mail.ru  
**Olga I. Khristodulo**<sup>1</sup>, Dr.Sc. (Engineering),  
Professor, o-hristodulo@mail.ru

<sup>1</sup> Ufa University of Science and Technology,  
Ufa, 450076, Russian Federation