

# ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И 3D-РЕКОНСТРУКЦИИ

GIS AND 3D RECONSTRUCTIONS

## ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЙ ТРЕКИНГ — СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ГИС-ИНСТРУМЕНТАРИЙ ИСТОРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ<sup>1</sup>

GEOCHRONOLOGY TRACKING —  
SPECIALIZED GIS-TOOL FOR HISTORY RESEARCHES

**Ивакин Ян Альбертович,**

доктор технических наук, профессор,  
ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук (Россия, Санкт-Петербург)  
E-mail: ivakin@oogis.ru

**Yan A. Ivakin**

**Потапычев Сергей Николаевич,**

кандидат технических наук, старший научный сотрудник Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук (Россия, Санкт-Петербург)  
E-mail: potapchev@oogis.ru

**Sergey N. Potapichev**

Геоинформационные системы нашли широкое применение в современных исследованиях гуманитарных наук. Вместе с тем такие исследования базируются на использовании универсальной функциональности геоинформационных технологий. Ощущается объективный дефицит специализированного ГИС-инструментария для исторических, этнографических и прочих исследований. Геохронологический трекинг представляет собой пример

Geographic information systems (GIS) are widely used in contemporary research Humanitarian Sciences. However, such studies are based on the use of the universal functionality of Geoinformation tools; there is an objective shortage of specialized GIS technologies for multidisciplinary research. Geochronology tracking is an example of such information, software and hardware technology, specifically designed for a particular class of multidisciplinary research tasks. Consider-

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 16-07-00127).

---

такого научно-методического и программно-технологического инструментария, специально разработанного для определенного класса исторических задач. Рассмотрению принципиальных возможностей и специфике такого ГИС-инструментария посвящена данная статья.

*Ключевые слова:* географические информационные системы, ГИС-технологии, геохронологический трек, междисциплинарные исследования на базе ГИС.

ation of the principal capabilities and features of this GIS-technology this paper is focused on.

*Key words:* Geographic information system, GIS technologies, georeconstruction track, GIS-based research in history.

## ВВЕДЕНИЕ

Географические информационные системы (ГИС) сегодня выступают в роли эффективного инструментария исследователей в гуманитарных науках, прежде всего в истории. Однако класс специализированных методов и ГИС-средств интеллектуальной поддержки исследователя при решении именно исторических задач, проведении компьютерного моделирования тех или иных исторических процессов в геопространстве недостаточен. Как правило, такие исследования базируются на использовании универсальной функциональности ГИС, т. е. геодезических, топографических и универсально-географических приложений. Геохронологический трекинг — это пример специализированного ГИС-инструментария для решения соответствующего класса исторических задач. Основным конструктивом предлагаемого ГИС-инструментария является механизм интеграции хронологических и геопространственных данных в виде геохронологического трека, реализующего информационные методы<sup>1</sup>.

Исходя из энциклопедического понимания слова «трек» как ряда точек на траектории движения, вереницы событий, можно трактовать термин «Геохронологический трек» как совокупность параметров (данных), описывающих ряд последовательных событий в жизни индивида (группы, некоторой исторической общности) с привязкой ко времени и месту появления этих событий. На географической карте такой трек будет представлять кривую, соединяющую географические точки нахождения исторической личности (группы и пр.) с цвето-градиентной привязкой к хронологии событий<sup>2</sup>. Соответственно, геохронологический трекинг — это процедура (метод, процесс) построения, обобщения и интерпретации совокупности геохронологических треков по статистически значимой, в исследовательском смысле, социальной группе, которая позволяет сформулировать

новые гипотезы и выявить новые закономерности в пространственном развитии исторических процессов.

Разработка алгоритмических и программных механизмов построения и корректного отображения геохронологических треков на электронной карте для рассматриваемых индивидуумов, зафиксированных в исторических источниках или членов малых социальных групп, а также интеграции исторической и географической информации, составляет существо данной статьи.

Особенность подхода, предложенного в данной работе, заключается в том, что он ориентирован на микроанализ пространственных процессов, представленных в виде индивидуальных траекторий — в отличие от ставших уже привычными ГИС-приложений в истории, относящихся к более масштабным пространственно-временным перемещениям (например, при изучении структуры миграционных потоков).

## ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЙ ТРЕК ИНДИВИДА КАК РЕЗУЛЬТАТ ИНТЕГРАЦИИ БИОГРАФИЧЕСКОЙ И ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Построение геохронологического трека исторической личности (индивида) или исторического объекта на основании геопространственной интерпретации его биографической информации есть интеграция хронологических и географических данных в виде графа, соединяющего географические точки нахождения исторической личности (группы и пр.) с цвето-градиентной привязкой к тем или иным параметрам этого индивида или исторических событий. При этом вершины такого графа имеют строгую историко-географическую привязку, а дуги носят условно-логический характер. Существо описанной идеи геохронологического трека показано на рисунке 1.

Построение геохронологического трека исторической личности (объекта) может иметь ряд специфических особенностей в условиях фрагментарной исходной информации. В таком случае полноценность применения этого программно-методического инструментария обеспечивается сочетанием геоинформационных технологий с возможностями современных систем геопространственно-временного имитационного моделирования протекания процессов. Для математическо-алгоритмической и программной реализации построения геохронологического трека как соответствующего графа в условиях объективной фрагментарности исходной историко-архивной информации, как правило, методами имитационного моделирования решается следующий ряд задач:

- вероятностная оценка и учет при отображении трека неравномерного характера перемещений исторических личностей во времени и пространстве (математически: отсутствия непрерывности и равномерности приращений перемещений исторических личностей или групп);
- учет неопределенности, неточности имеющейся исторической информации о перемещениях исторических личностей в географическом пространстве, местоположении тех или иных исторических событий в виде соответствующих доверительных интервалов и доверительных вероятностей;
- учет влияния изменений самого географического пространства (ландшафта протекания исторических процессов) во времени;
- оценка влияния специфики поиска и подготовки исходных исторических и геопространственных данных для построения трека;
- и ряд других подобных задач.

Применение алгоритмических и программных механизмов построения, а также корректного отображения геохронологических треков в ГИС для отдельных исторических личностей, членов малых социальных групп и других позволяет добиться снижения неопределенности, неточности исторического знания при решении таких типов исторических задач, как:

- установление возможности встреч («пересечений» лиц из изучаемой совокупности), зависимости исторических событий и пр.;
- выявление неподтверждаемых гипотез, мифологизированных событий, неточностей;
- выявление «пучков траекторий», т. е. характерных (типологических) пространственных перемещений индивидуумов в определенные периоды времени;

— уточнение компьютерных реконструкций в историко-географическом плане и т. п.

Особенный интерес для исследователя представляет процесс накопления и суммирования геохронологических треков на статистически значимой выборке (авто) биографических данных индивидов. Именно такой процесс называется геохронологическим трекингом.

## КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКОГО ТРЕКИНГА

**П**од геохронологическим трекингом понимается процесс накопления и интеграции данных о пространственных перемещениях изучаемых персоналий, зафиксированных в исторических источниках в течение рассматриваемого периода с представлением результатов в виде обобщающего графа в ГИС. При этом вершины такого обобщающего графа имеют строгую географическую привязку, а различные характеристики дуг (цвет, толщина, форма, направление и т. д.) кодируют соответствующие параметры массового перемещения исторических личностей (индивидов). Схематично, согласно нотации<sup>3</sup>, модель представления дуг обобщающего графа приведена на рисунке 2.

Геохронологический трекинг позволяет выявлять, изучать и наглядно представлять скрытые исторические факторы деятельности государственных, военных и других органов управления в области кадровой политики, неочевидные аспекты миграционной, этноконфессиональной, мобилизационной направленности. Например, проследить особенности и значимые факторы политики органов военного управления по комплектованию кадрами приграничных частей в предвоенный период на основании анализа статистически значимой выборки послужных списков военнослужащих или проанализировать неформализованные в документах, но объективно существовавшие тенденции в проведении репрессий 1930–1950-х гг. в СССР и т. д.

Очевидно, что геохронологический трекинг как методологический и технологический аппарат исследований не носит универсального характера, но он предусматривает для различных категорий использовать возможность параметризации и наращивания номенклатуры видов решаемых исследовательских задач по анализу пространственных аспектов исторических процессов, возможность изменения характера сбора и обобщения исходных данных для отображения на электронной карте в соответствующей нотации. Определение границ области его применимости, а также граничных условий использования является предметом даль-

нейших исследований как специалистов-разработчиков, так и потребителей — историков.

## ОБОБЩЕННАЯ АРХИТЕКТУРА ГИС ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКОГО ТРЕКИНГА

Основным инструментарием построения и анализа геохронологических треков и их обобщения в рамках технологии трекинга является специализированная ГИС. Наиболее полно реализовать концептуальную модель геохронологического трекинга можно с помощью сервис-ориентированной архитектуры<sup>4</sup>. Обобщенная сервис-ориентированная архитектура предлагаемой ГИС представлена в нотации UML на рисунке 3.

Основным средством взаимодействия пользователя с программной системой является геоинформационный интерфейс (ГИС-интерфейс)<sup>5</sup>, который представляет собой набор компонентов графического интерфейса пользователя ГИС, обеспечивающих управление системой с различных устройств ввода информации. Он дает возможность отображения и редактирования данных, предоставляемых другими компонентами ГИС в удобном для пользователя виде.

ГИС-интерфейс обеспечивается картографическими данными через соответствующий сервис. Данный сервис предоставляет картографические данные в виде как наборов растровых файлов, так и атрибутов конкретных картографических объектов. Все данные сервис получает через Интернет. Основным картографическим набором данных для сервиса является набор сведений OpenStreetMap (<http://www.openstreetmap.org>).

Данные для построения геохронологического трека хранятся в соответствующих базах данных. Доступ к базам данных осуществляется через набор сервисов. Перечень баз данных и сервисов включает в себя:

- базу данных и сервис мест дислокации воинских частей;
- базу данных и сервис воинских частей;
- базу данных и сервис индивидов.

Для проверки корректности вводимых и введенных данных предназначен сервис контроля

корректности данных. При обнаружении факта некорректности вводимых данных пользователю выводится окно с предложением корректировки этих данных.

Сервис построения геохронологического трека — важная часть данной ГИС. Он обеспечивает:

- 1) построение геохронологических треков для различных временных интервалов (месяцев, лет, веков);
- 2) настройку отображения геохронологических треков (цвет, толщина линий и т.д.);
- 3) корректировку (редактирование) геохронологических треков для более наглядного их отображения.

Сервис обобщения треков индивидов необходим для логико-математической и визуальной репрезентации обобщающего графа на статистически значимой выборке индивидуальных треков за исследуемый исторический (временной) интервал.

## ТЕХНОЛОГИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКОГО ТРЕКИНГА

Геохронологический трекинг предусматривает следующую последовательность обобщенных шагов реализации своей прикладной программной функциональности (раскрыто на примере по исследованию факторов кадровой политики в военной сфере):

1. Первоначально пользователем в виде отдельной базы данных формируется перечень населенных пунктов, в которых расквартировывались воинские части. Населенным пунктом расквартирования воинской части считается поселение, в котором располагался ее штаб, штаб-квартира, а при отсутствии штаба — место официального размещения командира (начальника) части с аппаратом его заместителей и помощников. При этом предполагается, что такие населенные пункты определяются единожды. Географической точкой расположения населенного пункта принимается широта и долгота расположения главпочтамта (почтовой станции, отделения почты) в этом населенном пункте (табл. 1).

Таблица 1

Структура и примеры записей в таблице «Места дислокации воинских частей»

№	Технический идентификатор	Название населенного пункта / Варианты названий пункта, имевшие место в исторической ретроспективе	Широта места	Долгота места
1.	Орб12345НЕ	Город Оренбург / Город Чкалов	53 6'1 S	24 12'2W
2.	ЛВБ54321ГА	г. Лепель Витебской обл., БССР.	33 6'1 S	28 12'2W
...	...	...	...	...

Обнаружение пользователем данных об изменении статуса или названия населенного пункта при неизменности географических координат требует внесения корректур (добавлений) в поле «Название населенного пункта / Варианты названий пункта, имевшие место в исторической ретроспективе». Изменение географических координат населенного пункта при неизменности названия, статуса требует введения новой записи о населенном пункте с определением в поле «Название населенного пункта / Варианты названий пункта, имевшие место в исторической ретроспективе» временного интервала, когда данные изменения были актуальны (например: «Город Чкалов (1938–1957), ныне Оренбург»). В указанной таблице не должно существовать различных записей о населенных пунктах с одними и теми же географическими координатами. Выполнение этого требования обеспечивается

соответствующей программной функцией контроля корректности внесения записей в таблицу «Места дислокации воинских частей».

Наименования населенных пунктов, не являющихся областными (губернскими) центрами, должны вводиться с полным наименованием. Например: «г. Джанкой, Крымской области, Украинской ССР», 2013 г. Даты приводятся с точностью до месяца.

Для упрощения снятия географических координат населенного пункта реализована вспомогательная функция «скальвания» указанных координат с рабочей карты пользователя.

2. В отдельном модульном окне формируется перечень воинских частей, анализируемых при построении геохронологических треков. Данный подпроцесс также носит характер внесения соответствующих записей в соответствующую табличную форму, представленную в таблице 2.

Таблица 2

Структура и примеры записей в таблице «Перечень воинских частей»

№	Наименование воинской части	Дислокация	Дата расквартирования	Дата завершения расквартирования
1.	44-й кавалерийский полк 11-й кавалерийской дивизии Туркестанского военного округа	Город Оренбург	Июнь 1919	Май 1925
		г. Лепель Витебской обл., БССР.	Июнь 1925	Июнь 1941
		Город Тегеран, Иран	Июль 1941	Май 1947
2.	...	...	...	...

При определении перечня воинских частей за основание для градации принимается такое войсковое подразделение, как «полк». При отсутствии в наименовании места службы определения принадлежности к полку пользователю необходимо определиться с равными или соответствующими полку категориями: военное училище, отдельный артиллерийский дивизион в составе дивизии, бригада кораблей, авиационный полк, окружной госпиталь (при излечении) и пр.

Даты передислокации (изменения мест расквартирования) учитываются с точностью до месяца. Временных разрывов в хронологии изменений местоположения воинской части не предусматривается. Допускается такой идентификатор времени как «по настоящее время».

Переименование воинской части, ее реформирование с вхождением в состав других частей рассматривается как факт прекращения ее существования и появления новой части, с новым наименованием.

Заполнение поля «Дислокация» в перечне воинских частей производится только посредством выбора варианта из выпадающего списка, определяемого согласно таблице «Места дислокации воинских частей». Если воинская часть в какой-то значи-

мый период дислоцировалась в населенном пункте, который ранее не был внесен в таблицу «Места дислокации воинских частей», то это пункт необходимо предварительно записать в эту таблицу.

3. Наличие структурированных данных вышеуказанных таблиц позволяет осуществить формирование в табличной форме индивидуальных послужных карточек «Геохронологический трек индивида», формат которой представлен в таблице 3.

Дата рождения конкретного индивида (военнослужащего) заполняется с точностью до месяца. Поле «Наименование воинской части» заполняется только посредством выбора варианта из выпадающего списка, определяемого согласно таблице «Перечень воинских частей». В поле «Дата назначения в часть» вносится дата с точностью до месяца. При этом считается, что послужной список является непрерывным во времени, т. е. дата назначения к следующему месту службы рассматривается как дата завершения службы на предыдущем месте.

На основании общих данных в таблицах «Места дислокации воинских частей» и «Перечень воинских частей» пользователь формирует статистически значимую базу данных из индивидуальных

послужных карточек «Геохронологический трек индивида». Именно визуальная интерпретация такой

базы данных на основе ГИС-подложки представляет собой существо работы программного средства.

Таблица 3

#### Структура и примеры записей в таблице «Геохронологический трек индивида»

Ф. И. О. — Ивакин Николай Петрович		Дата рождения — 1895 г., май.	
Доп. Данные — ...			
№	Наименование воинской части	Дата назначения в часть	
1.	Краснодарские курсы командиров РККА	месяц	год
2.	...		

4. Инициация построения и обобщения треков индивидов на географической карте осуществляется по отдельному запросу (клику соответствующей виртуальной кнопки). Результатом реализации функциональности программного средства «Геохронологический трекинг» является географическая карта, на которую наносится граф, обобщающий геохронологические треки индивидов, карточки которых занесены в базу данных. Вершинами такого графа являются в данном случае места дислокации воинских частей, а дугами — направленные линии, характеризующиеся:

- *толщиной* — количество назначений-перемещений за рассматриваемый период с плавным градуированием по принципу:
- одно назначение  $\longrightarrow \bigcirc$  — сто и более назначений;
- *цветом* — средний возраст лиц, назначенных по данному направлению за анализируемый период, с плавным градуированием по принципу плавного изменения цветовой гаммы от теплых тонов к холодным, где красный цвет — 18 лет и ранее, а фиолетовый — 55 лет и старше;
- *цветом среза дуги* — обобщения дополнительных данных, задаваемых пользователем в поле «Дополнительные данные» записей в таблице «Геохронологический трек индивида», что проиллюстрировано примером на рисунке 2.

Учитывая, что назначения, как правило, носят двусторонний характер, визуально смежные дуги между двумя вершинами графа, обобщающего геохронологические треки, носят выпуклый характер относительно кратчайшей линии, соединяющей такие вершины. Пользователь имеет возможность получить числовые параметры, определяющие характеристики каждой дуги графа, обобщающего геохронологические треки индивидов, в выпадающее окно путем инициации этих дуг курсором.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение методического аппарата геохронологического трека в сочетании с современными технологиями интеллектуализации<sup>6</sup>, средствами математическо-статистического моделирования в гуманитарных науках<sup>7</sup>, интеграции и слияния информации в ГИС<sup>8</sup> дает возможность обеспечить новое качество соответствующих исследований, связанных с гуманитарным знанием (история, этнография, антропология и др.).

Резюмируя описание новых возможностей, которые дает геохронологический трекинг как результат объединения методов интеграции информации и геоинформационных технологий, можно сформулировать ряд направлений дальнейшей разработки этого научно-методического аппарата, как в предметной области исторических исследований, так и в сфере его программно-информационного совершенствования:

- определение дополнительных признаков, характеризующих пространственные перемещения лиц, зафиксированные в исторических источниках, которые могут быть достоверно выявлены, обобщены и визуализированы в параметрах обобщающего графа;
- изучение специфики представления средствами геохронологического трекинга разреженных выборок индивидуальных треков для больших временных интервалов (от 100 лет и более) на максимально возможном географическом театре;
- анализ влияния масштаба электронной карты и точности позиционирования местоположения индивидов на результативность и репрезентативность геохронологического трекинга;
- разработка путей и технологий внедрения программных средств реализации геохронологического трекинга в интегрированные ГИС-среды, ориентирован-

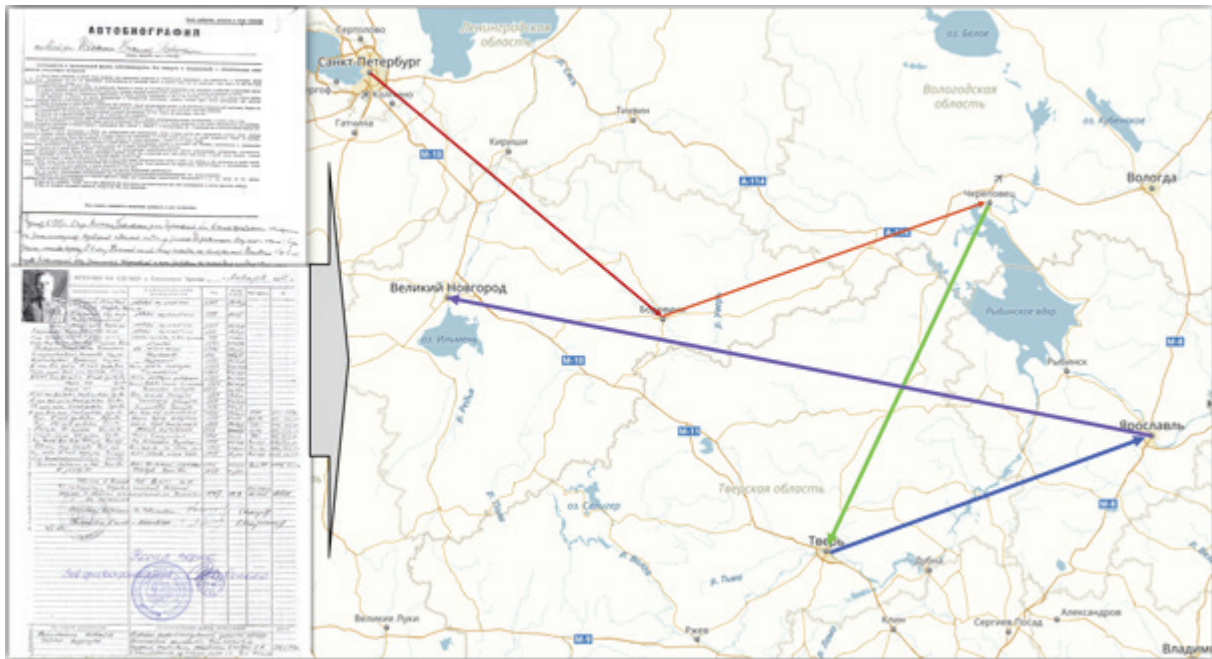


Рис. 1. Геохронологический трек индивида на карте.  
К карте приложены документы из личного архива Н.П. Ивакина, отражающие изменения мест его военной службы

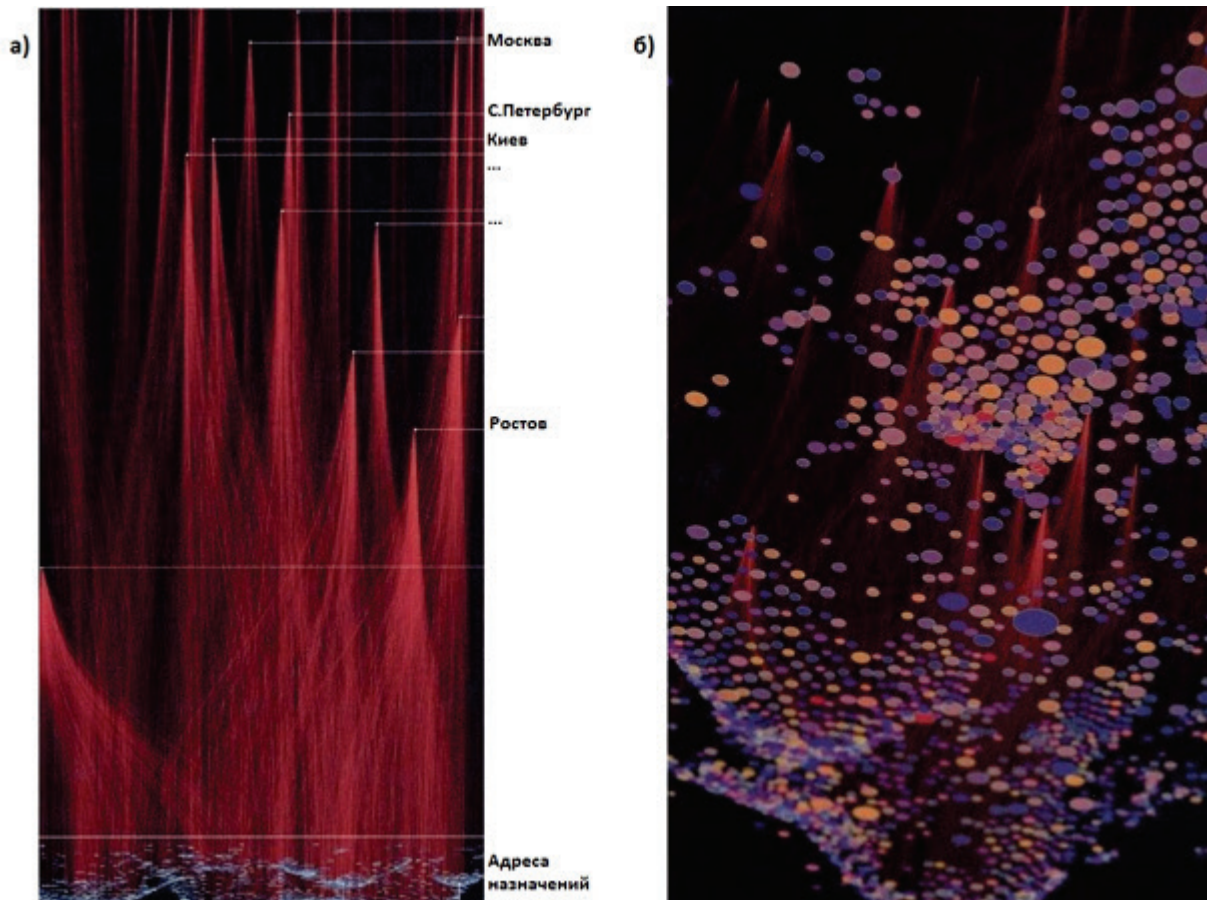


Рис. 2. Модель дуг обобщающего графа (а)  
и соответствующего представления параметров геоперемещений (б)

- ные на решение специфических исторических, этнографических, антропологических и прочих исследовательских задач;
- использование математического аппарата статистического оценивания, имитационного моделирования для выявления и повышения доверительного уровня информации, получаемой в результате использования геохронологического трекинга;
- создание вспомогательной и сервисной информационной инфраструктуры геохронологического трекинга: тестовых и служебных баз данных, специализированных цифровых наборов электронных карт с при-

вязкой к определенному временному интервалу и т. д.

Предлагаемый в данной статье подход к применению научно-методического аппарата геохронологического трекинга в исторических исследованиях как специализированного ГИС-инструментария объективно требует дальнейшей проработки и развития этого аппарата. Однако наглядность его реализации и высокая результативность позволяют прийти к предварительному выводу о его широкой научно-исследовательской значимости и применимости. Апробация предложенного алгоритмического подхода на реальном источниковом материале — следующий этап данного проекта.

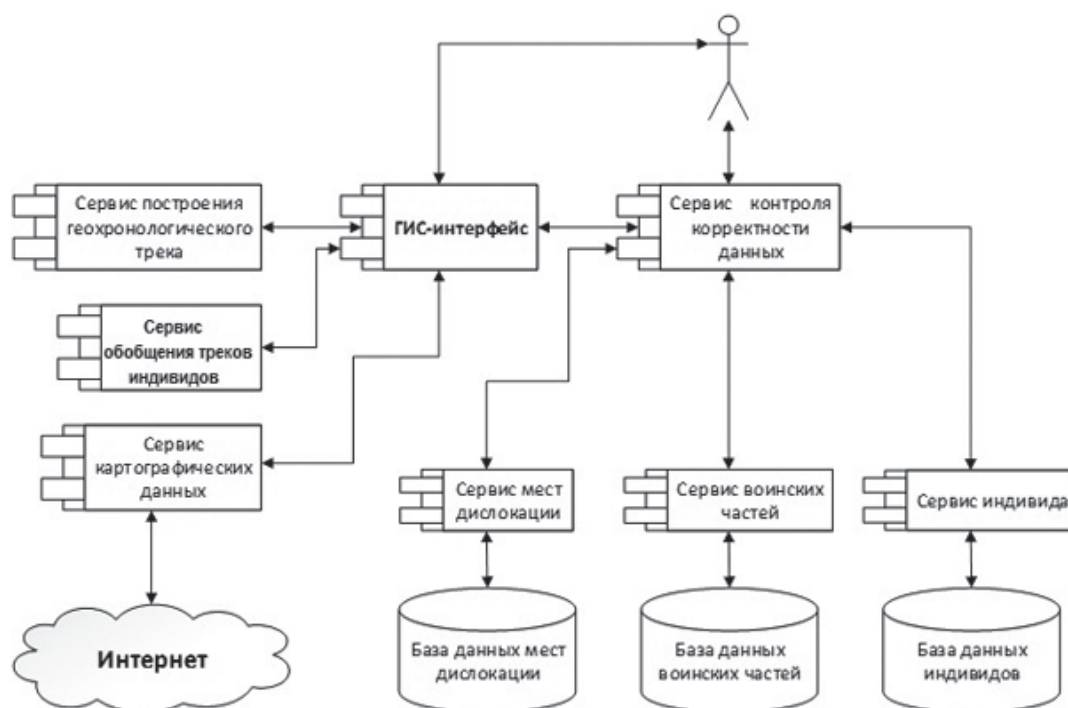


Рис. 3. Архитектура ГИС геохронологического трекинга

## ПРИМЕЧАНИЯ

- <sup>1</sup> См.: Интеллектуальные географические информационные системы для мониторинга морской обстановки / под общ. ред. Р. М. Юсупова и В. В. Поповича. СПб., 2013. 284с. : ил.; Ивакин Я. А., Ивакин В. Я. Новые возможности исторических исследований при использовании ГИС-технологий интеграции информации // Историческая информатика. Информационные технологии и математические методы в исторических исследованиях и образовании. 2013. № 6 (4). С. 62–72.
- <sup>2</sup> Ивакин Я. А. Digital Humanities: Междисциплинарный характер применения геоинформационных технологий в исторических исследованиях // Научный результат. Серия: Информационные технологии. 2016. № 2 (2). С. 21–30.
- <sup>3</sup> См.: Наследие в цифрах. Относительность рядом // В мире науки / Scientific American, [11]. 2015. Ноябрь. С. 36–40.
- <sup>4</sup> Интеллектуальные географические информационные системы для мониторинга морской обстановки...
- <sup>5</sup> Там же.



- <sup>6</sup> Гаврилова Т. А., Муромцев Д. И. Интеллектуальные технологии в менеджменте: инструменты и системы: учебное пособие. 2-е изд. СПб., 2008. 488 с.
  - <sup>7</sup> History & Mathematics: Political Demography & Global Ageing. Year-book/Edited by Jack A. Goldstone, Leonid E. Grinin, and Andrey V. Korotaev. Volgograd: "Uchitel" Publishing House, 2015. 176 p.; Leonid Borodkin. Spatial Analysis of Peasants' Migrations in Russia/USSR in the First Quarter of the 20th Century/7th International Workshop "Information Fusion and Geographic Information Systems: Deep Virtualization for Mobile GIS (IF&GIS'2015) — Springer International Publishing Switzerland, 2015. P. 27–40; Stottler Henke. Smarter Software Solutions 2015. — Artificial Intelligence/History [Electronic Resource]. URL: [http://www.stottlerhenke.com/ai\\_general/history.htm](http://www.stottlerhenke.com/ai_general/history.htm)
  - <sup>8</sup> Jean-Claude Thill. Is Spatial Really That Special? A Tale of Spaces. In: Proceedings International Workshop Information Fusion and Geographic Information Systems: Towards the Digital Ocean. Brest, France, May 10–11, 2011. P 3–12.
-