

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСТОРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИИ

NEW APPLICATIONS OF GIS TECHNOLOGY FOR INFORMATION FUSION IN HISTORICAL RESEARCH

Ивакин Ян Альбертович

Доктор технических наук, ведущий научный
сотрудник Санкт-Петербургского института
информатики и автоматизации Российской
академии наук, доцент
E-mail: ivakin@oogis.ru

Yan A. Ivakin

Ивакин Владислав Янович

Студент исторического факультета МГУ
им. М. В. Ломоносова
E-mail: ivakin-11@mail.ru

Vladislav Y. Ivakin

Интеграция таких двух областей современной науки, как история и геоинформационные системы, позволяет разработать и внедрить ряд качественно новых информационных технологий для исторических исследований. Рассмотрению принципиальных возможностей и специфике таких информационных технологий посвящена данная статья.

Ключевые слова: географические информационные системы, ГИС-технологии, историческая реконструкция, дистанционное зондирование Земли, представление знаний и данных о пространственных аспектах исторических процессов на базе ГИС.

Integration of the two greatly different directions in the modern science like history and geoinformation systems allows for developing and implementing a number of qualitatively new information systems applicable to the historical and ethnical research. The here presented paper is aimed at considering basic potential and peculiarities of the above information technologies.

Keywords: Geographic information system, GIS technologies, historic reconstruction, Earth remote sensing, GIS-based representation of knowledge and data about historical and geographic process.

ВВЕДЕНИЕ

Географические информационные системы (ГИС) нашли самое широкое применение как программный инструментарий, доступный самому широкому кругу пользователей, а также являются предметом серьезного внимания со стороны ученых и естественно-научной, и гуманитарной специализации. Такое внимание обусловило необычайно бурный рост ГИС-технологий. В настоящее время производители программного обеспечения осуществляют разработку либо собственных ГИС, либо промежуточного программно-

го обеспечения для построения систем, реализующих различные инновационные информационные технологии. Геоинформационные системы традиционно создавались как средства наглядного представления географической (пространственно-координированной) информации (геоинформационная система в традиционном понимании этого термина — это информационная система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно-координированных данных¹). Большинство хорошо известных и широко используемых ГИС — это прежде всего программные средства визуализации цифровых наборов географической

информации. Однако анализ современных требований к этим системам как исследовательскому инструментарию в исторической науке, антропологии, этнографии, археологии показывает все более возрастающую потребность в возможности использовать ГИС не только как среду визуализации и традиционного моделирования исторических процессов в их пространственном измерении, но и как платформу для интеграции разноплановой (гетерогенной) информации в интересах изучения указанных процессов. Именно такая возможность позволяет рассматривать ГИС как прогностическое средство обоснования исследовательских решений, вновь выявляемых фактов, знаний. Именно для геоинформационных систем, позволяющих интегрировать данные и знания о пространственных процессах различной (в том числе исторической, антропологической, этнографической и пр.) природы, необходимы и характерны свойства, обобщенно воспринимаемые исследователем как принципиально новое качество.

Особым направлением в развитии ГИС-технологий является применение методов и средств интеграции и слияния гетерогенной информации для расширения их функциональных возможностей. В предлагаемой статье в качестве геоинформационной системы, ориентированной на использование в сфере исторических исследований, рассматривается совокупность ГИС-интерфейса, системы пространственно-временного моделирования, экспертной системы и редактора онтологий. При этом экспертная система выступает тем конструктивным элементом, который обеспечивает новое качество интеграции разноплановой и разнотиповой информации. Экспертная система при этом в себя включает²:

- программную полнофункциональную машину логического вывода. В качестве таковых могут использоваться машины логического вывода современных интерактивных сред искусственного интеллекта, таких как CLIPS, Jess и других;
- упорядоченную совокупность баз знаний для различных сценариев протекания пространственных исторических процессов.

Необходимо особо указать, что экспертная система используется и как традиционное средство интеллектуальной поддержки исследователя, и как система управления моделированием, работающая в соответствии с некоторыми «сценариями».

Применение ГИС указанной архитектуры для интеграции и слияния информации в ходе историко-этнографических исследований привело к появлению целого ряда новых информационных технологий, прежде всего таких, как:

- технология представления данных дистанционного зондирования Земли о пространственно-протяженных исторических объектах;
- технология построения (корректировки) областей (ареалов), имеющих историко-этнографическое, историко-экономическое и пр. значение;
- технология моделирования пространственной ретроспективной динамики различных исторических процессов;
- технология идентификации и уточнения фактов в пространственном развитии исторических процессов на основе визуализации их текстовых описаний.

Детализация состава и содержания указанных информационных технологий позволяет описать специфику применения ГИС-методов и соответствующих средств интеграции информации, ориентированных на использование в сфере исторических исследований в целом.

1. ПРИМЕНЕНИЕ ГИС В ИСТОРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Геоинформационные системы и соответствующие ГИС-технологии моделирования пространственных процессов нашли свое место в качестве мощного инструментарию в исторических, археологических и этнографических исследованиях. Междисциплинарный подход к историческому исследованию как следствие интеграции информатики и соответствующих отраслей гуманитарного знания доказал свою жизнеспособность и плодотворность. В частности, в работе В.Н. Владимирова³ обобщен современный опыт использования ГИС в рамках исторической информатики. Показано, что, помимо решения традиционных для ГИС задач визуализации пространственных данных и наглядной геоинтерпретации собственно исторической информации, в ходе исторических исследований эти системы являются средством пространственного анализа и позволяют интегрировать обработку количественных и других видов данных, которые условно можно назвать «качественными». Интересные ГИС-приложения в исторических исследованиях находят отражение на страницах журналов «Историческая информатика» и «International Journal of Humanities and Arts Computing».

Вместе с тем в ряде работ⁴ констатируется, что сегодня уже практически ни у кого не вызывает сомнений необходимость перехода на новый этап более глубокого интегрирования возможностей геоинформационных технологий, техноло-

гий обработки пространственно-координированной информации в исторические исследования. Существо нового этапа заключается в рассмотрении ГИС как некоторой программной платформы для моделирования пространственных исторических процессов (в отличие от традиционного рассмотрения ГИС как среды статичной геокоординированной визуализации). Такое рассмотрение позволит проверить известные и установить новые исторические факты, сделать более объективным сам процесс исторического исследования. Именно в рамках такого подхода предлагаются ниже описанные частные информационные технологии. При этом они предложены в качестве инструментария для историков-исследователей, инвариантного к конкретному, узкоспециальному предметному контенту.

2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ О ПРОСТРАНСТВЕННО-ПРОТЯЖЕННЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ

Технология представления данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) о пространственно-протяженных исторических объектах позволяет обеспечить ретроспективное изучение состояния и динамики изменений объектов и явлений, географические масштабы которых не позволяют наблюдать их в целом иначе, чем с околоземной орбиты. В качестве примера таких объектов и явлений можно привести: Великая Китайская стена, искусственные острова у побережья Объединенных Арабских Эмиратов, изменения объектов инфраструктуры в районах обширных природных катаклизмов и пр. В составе указанной технологии выделяется следующая последовательность этапов:

1. Проведение ориентации исходного цифрового набора снимка ДЗЗ в используемой в ГИС системе координат и привязка его к электронной карте, с учетом используемой модели Земли (эллипсоид Красовского — СК-42, СК-95, WGS-84 и пр.) и картографической проекции (равноугольная Меркатора), поперечно-цилиндрическая — Гаусса-Крюгера, коническая и пр.). Существо работ данного этапа показано на рисунке 1.

При этом каждый снимок ДЗЗ рассматривается как специализированный набор пространственных данных, имеющих необходимые атрибуты, позволяющие осуществить его позиционирование на электронной карте (местоположение и высота спутника, с которого сделан снимок, координаты опорных точек привязки, точное время снимка

и пр.). Для описания таких атрибутивных данных используется специализированный WKT (Well-known text) — формат.

2. Выделение на исходном снимке земной поверхности, при достаточном его разрешении, цифрового набора, соответствующего конкретному району исследуемого исторического или этнографического объекта. На рисунке 2 в качестве примера такого набора исходных данных ДЗЗ приведена фотография участка Великой Китайской стены по горной местности.

3. Отстройка (фильтрация) изображения исследуемого объекта от помех спектрального и атмосферного характера, визуальное-контрастное улучшение качества изображения. Существо работ данного этапа показано на рисунке 3.

4. Распознавание исследуемого исторического или этнографического объекта и его семантически-важных элементов на обработанном снимке путем последовательных сегментации изображений, формирования пространства признаков выделения объекта (элементов) и классификации согласно этим признакам. Обычно данный этап представляет собой наиболее сложный и трудоемкий этап представления данных ДЗЗ на электронной карте. При всем совершенстве современных методов распознавания образов и разработанности соответствующего программного обеспечения данный этап предполагает непосредственное участие человека в окончательном принятии решений об отнесении того или иного изображения к образу исследуемого исторического объекта (рис. 4).

5. Предметно-содержательный анализ состояния исследуемого объекта (его отдельных элементов), семантически значимых его характеристик, свойств, с отображением в топонимике условного обозначения или атрибутивной информации на электронной карте.

6. Условно-графическое отображение исследуемого объекта (его элементов) на обобщающей электронной карте соответствующего географического района с учетом используемого формата электронной карты (SXF, VPF, S-57 и пр.). Для используемого в качестве примера исторического объекта обобщающее представление может выглядеть как показано на рисунке 5.

На заключительном этапе описанного программно-технологического процесса производится интеграция атрибутивных и предметных данных путем написания соответствующего скрипта и тестирование совместного использования соответствующих ГИС-приложений и базы данных ДЗЗ путем проигрывания отдельных действий по отображению условно-графических и непосредственно фотографических данных, решения частных задач исследования.

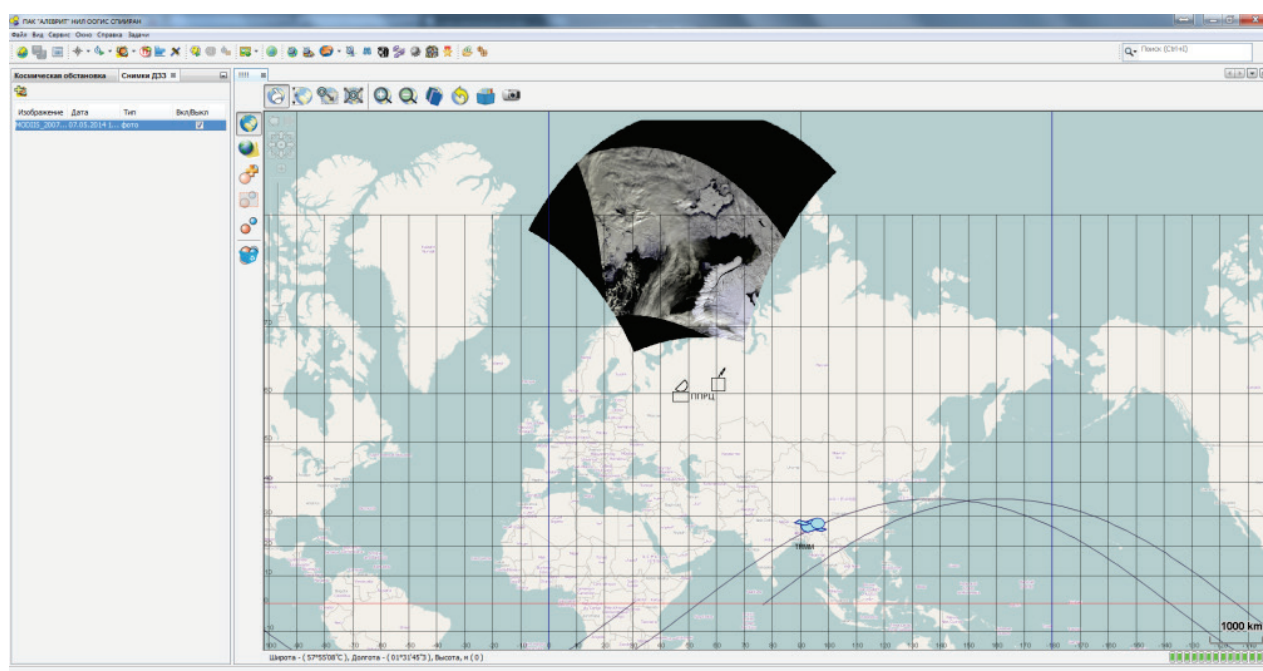


Рис. 1. Ориентация и привязка снимка ДЗЗ в ГИС



Рис. 2. Космический снимок участка Великой Китайской стены до проведения фильтрации

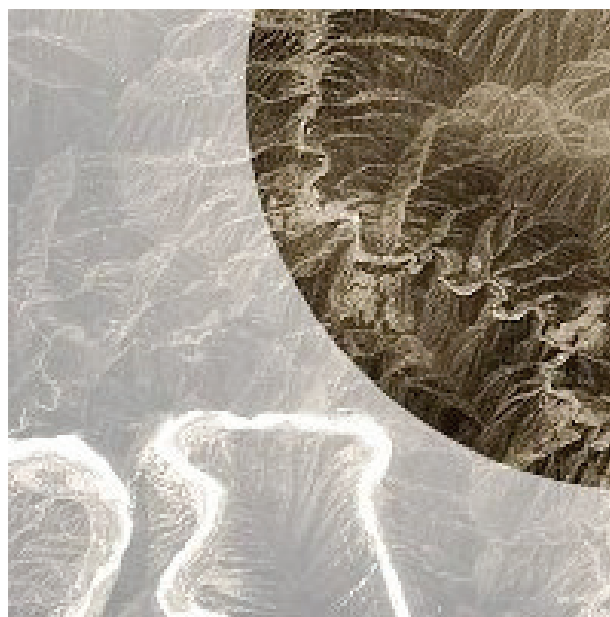


Рис. 3. Улучшение качества изображения Великой Китайской стены за счет фильтрации помех спектрального и атмосферного характера

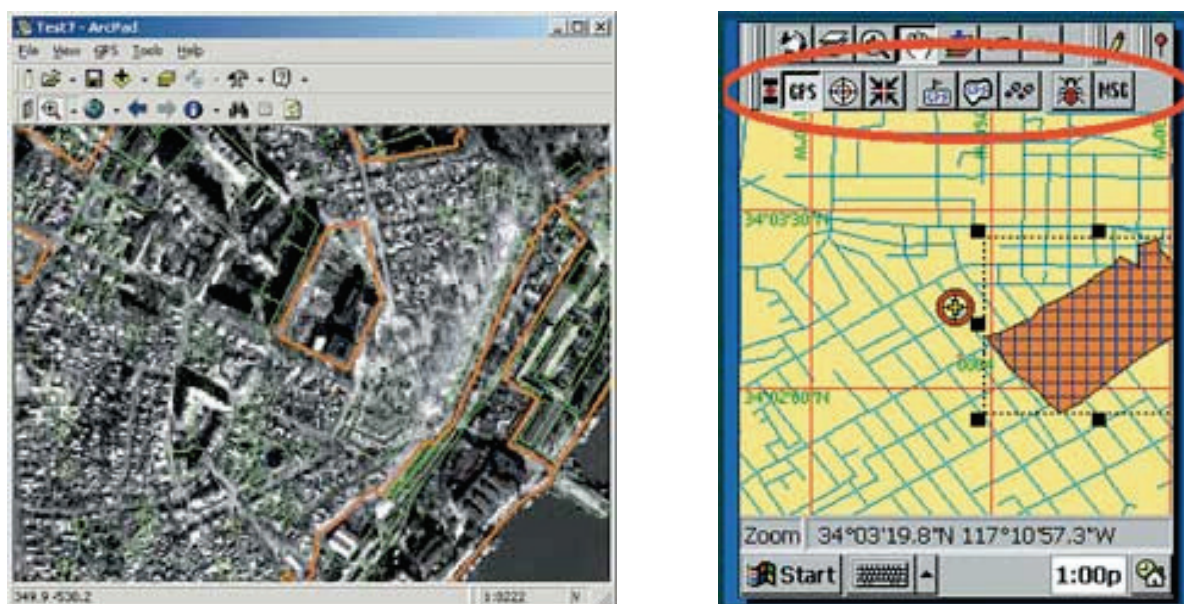


Рис. 4. Непосредственное распознавание объекта и учет его на электронной карте



Рис. 5. Условно-графическое представление Великой Китайской стены на обобщающей карте в ГИС

Необходимо констатировать, что, как правило, границы областей (ареалов), интерпретирующих историко-этнографические, историко-экономические и прочие данные, носят весьма условный характер.

Современные ГИС-технологии значительно расширяют возможности не только по геоинтерпретации исторических данных, но и выступают в качестве инструментария корректного построения или уточнения границ указанных областей. В частности для решения задачи корректного построения (уточнения) границ областей и ареалов широко стала использоваться технология так называемых «температурных карт». Данное название технологии вызвано к жизни аналогией с методикой определения зон атмосферных фронтов по картам измеренных температур. Суть этой технологии заключается в следующем:

1) какой-либо параметр, имеющий историческое, археологическое, этнографическое значение, с заданным площадным шагом представления (измерения), наносится на карту в виде интенсивности определенного цвета или прозрачности. Примером такого параметра применительно к рисунку 6 может служить плотность населения русской национальности;

2) методами математической экстраполяции определяются значения интерпретируемого параметра для тех подобластей, для которых нет данных измерений;

3) с учетом принимаемой доверительной вероятности определяется пороговое значение интерпретируемого параметра, превышение которого позволяет отнести данную географическую точку (площадной шаг, район) к выявляемой области. Например: если в районе плотность населения русской национальности превышает значение 50 чел./кв. км, то этот район отнести к области преимущественного расселения людей русской национальности;

4) программными средствами выполняется обобщение всех районов (т.е. изначальных площадных шагов), отнесенных, согласно решающе-пороговому правилу, к выявляемой области (ареалу).

Таким образом, границы областей (ареалов), интерпретирующих историко-этнографические, археологические, историко-экономические и прочие данные, получаются на основании единой квазиобъективной процедуры и уровень их достоверности может быть оперативно оценен по значению доверительной вероятности, принимаемой при задании решающе-порогового правила.

Необходимо отметить, что данная технология способна выступить в качестве мощного исследовательского инструментария в руках продвинутого ученого-гуманитария. Изучение современных

научных монографий историко-этнографического характера, таких как работы А.В. Логинова⁵, показывает, что изучение территориальной динамики в процессе этногенеза наций (народностей) в ретроспективе ее развития является одним из наиболее продуктивных методов научной истории. Следовательно, описанная технология представляет собой технологию обоснованной информатизации и автоматизации этого метода, а значит, ее широкое применение в исторических, этнографических, археологических исследованиях имеет широкую перспективу.

4. ТЕХНОЛОГИЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ И УТОЧНЕНИЯ ФАКТОВ В ПРОСТРАНСТВЕННОМ ИЗУЧЕНИИ ИСТОРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВАНИИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИХ ТЕКСТОВЫХ ОПИСАНИЙ

Географически строгая идентификация местоположения различных исторических объектов, мест свершения каких-либо актов и пр. с помощью двух основных координат — широты и долготы места в значительной степени не соответствует предметно-обусловленному характеру передачи географической информации в исторических источниках. Особенно четко эта тенденция наблюдается в текстовых описаниях наиболее ранних событий, когда еще само понятие географических координат отсутствовало. Не свойственна строгая географическая идентификация местоположения и более поздним нарративным источникам. Это связано с тем, что в ходе практической деятельности люди, не связанные с точным измерением местоположения на земной поверхности, широко используют качественные понятия для быстрой и приближенной идентификации местоположения объекта (например: «В районе деревни Бородино», «У мыса Доброй Надежды»). Такое естественное для человека представление географической информации позволяет ему анализировать предметную ситуацию скорейшим образом в большинстве реальных практических задач повседневной практики. Естественно, что этот же подход встречается в исторических источниках.

Вместе с тем очевидно, что неточность указанного способа идентификации местоположения исторических событий, актов и пр. создает почву для ошибок в установлении тех или иных фактов, некорректных исторических трактовок, вольных или невольных фальсификаций.

Широкий переход от традиционного бумажного представления географических карт к геоинфор-

мационным системам и неуклонная интеллектуализация прикладных возможностей ГИС позволяет обеспечить историков-исследователей не только координатной информацией для идентификации местоположения объекта, но и проинтерпретировать текстовые описания исторических фактов в предметно-деятельностном виде (т. е. в традиционных качественных категориях предметной области деятельности) как информацию для идентификации местоположения.

Суть такой идентификации местоположения исторического события или объекта заключается в установлении соответствия предметно-естественных наименований для территориально-географических полигонов с определенной дискретностью. Тогда сама идентификация сводится к тривиальной для ГИС задаче попадания географической точки (окрестности точки) описываемого местоположения в соответствующий полигон или систему вложенных полигонов. Так, для «грубого» позиционирования это будут полигоны, описываемые категориями вида: «Южная часть Крымского полуострова», «Восточная часть Финского залива» и пр. Для относительно детально описанных участков земной поверхности применимы назывные категории вида: «Севернее излучины реки Мста», «Севернее острова Котлин», «Копорская губа» и пр. Соответственно для конкретных географических мест, имеющих однозначную идентификацию согласно

историко-документальным источникам, это будут категории: «Вершина Сапун-горы», «Камни южнее острова Мощный» и пр. Очевидно, что размеры полигонов, соответствующих относительно детально описанным участкам моря и конкретным историко-географическим локализациям, определяются экспертным путем, на основании суммарного обобщения географо-терминологического базиса документальных источников рассматриваемого исторического периода (т. е. конфигурация и наименование предлагаемых полигонов на одной и той же карте для интерпретации событий различных исторических периодов могут быть кардинально различными). Для примера практической реализации описанной градации на рисунке 7 показана схема разбивки карты восточной части Финского залива. В данном случае разбивка выполнена на полигоны двух классов размерности: более крупные (более толстые границы) и вложенные в них малые полигоны (тонкие границы красного цвета).

Таким образом, встроенная в ГИС подсистема интеллектуальной поддержки позволяет проинтерпретировать фразу, взятую из исторического источника и адаптированную под современный терминологически-разговорный язык, например: «Две гребные галеры русского флота приняли бой со шведским барком севернее острова Сескар: отойдя в утреннем тумане от острова и потеряв его из виду, они столкнулись с шведским барком,

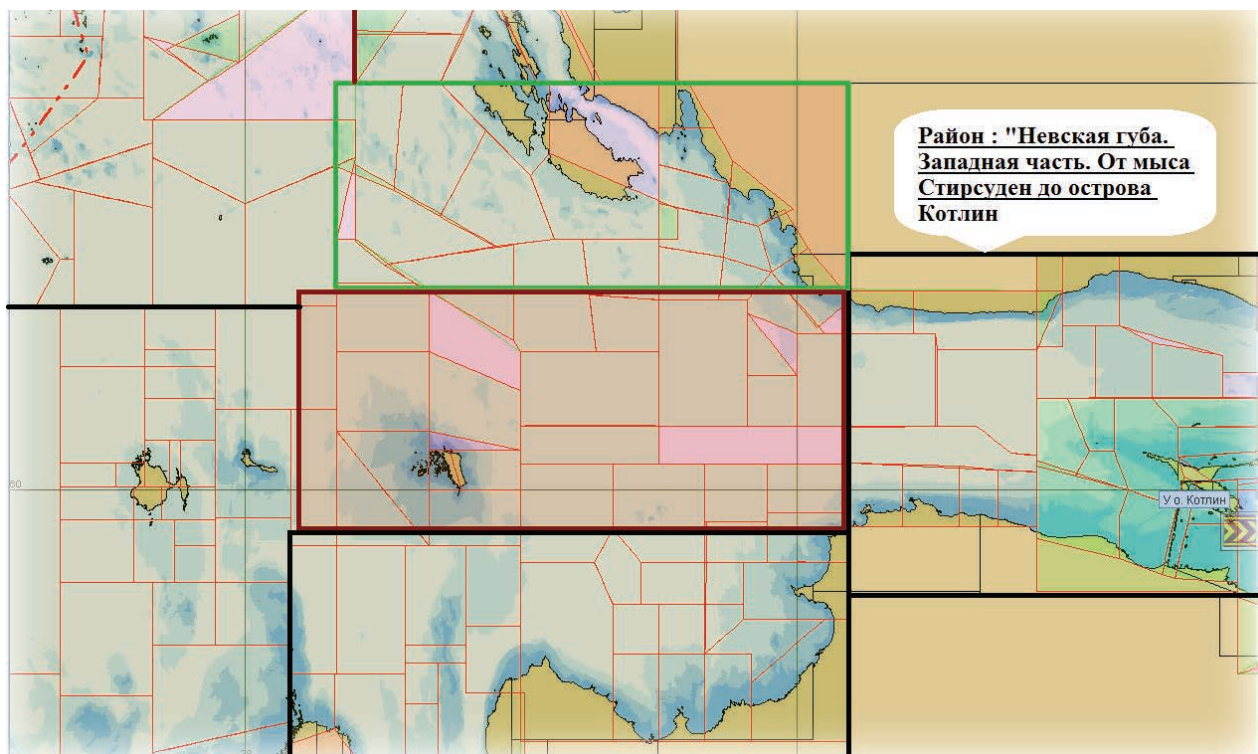


Рис. 7. Пример территориальной разбивки карты восточной части Финского залива для идентификации местоположения и фактов протекания исторических процессов

двигавшимся со стороны большого трапезундского рейда на юг. В ходе боя барк был подожжен, горел и был восточным ветром выброшен на Деманстейскую банку»⁶, как некоторый географический квадрат в достаточно узких географических координатах, выраженных в виде: «Широта 60 10.2 S; Долгота 28 43.5 W».

Описанная программная технология предметно-деятельностной идентификации местоположения предусматривает для специфических видов деятельности возможность наращивания номенклатуры видов полигонов, изменения дисциплины осуществления анализа исторических фактов в полигонах различного вида.

Вышеописанная конкретизация местоположения и географических условий протекания тех или иных исторических событий позволяет уточнить множество «тонкостей» в их описаниях, установить новые или опровергнуть недостоверные факты. Наибольшая эффективность такого уточнения обеспечивается сочетанием описанной технологии с возможностями современных систем геопространственно-временного имитационного моделирования протекания процессов.

Очевидно, что данная технология не претендует на исчерпывающий характер реализуемого метода исторических исследований и во многом зависит от полноты описаний изучаемых пространственных исторических процессов, но она может быть полезна как дополнительное средство анализа исторической информации в условиях ее неполноты, нечеткости и неточности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение интеллектуализированных ГИС в сочетании с современными средствами интеграции и слияния информации дает возможность повысить эффективность научных исследований в самых различных сферах, в том числе связанных с гуманитарным знанием, к которому можно отнести историю, этнографию, антропологию, археологию, вспомогательные исторические дисциплины и др.

Резюмируя описание новых возможностей, которые дает интеграция методов и средств искусственной интеллектуальности, слияния информации и геоинформационных технологий, можно сформулировать ряд качественно новых отличий интеллектуализированных ГИС, ориентированных на исторические исследования. Такая современная интеллектуальная геоинформационная система должна обеспечивать:

- возможность разработки тематических карт для исследуемой предметной обла-

сти, с использованием соответствующих средств визуализации, специализированных нотаций условных графических знаков, соответствующих средств редактирования, специализированных онтологий и типов данных;

- визуальную разработку пространственных моделей протекания исторических процессов (сценариев протекания) для осуществления имитационного моделирования в ГИС;
- проигрывание (симуляцию) сценариев протекания исторических процессов в их пространственном измерении, в реальном и произвольном масштабе времени с наглядным отображением в виде условных знаков на фоне электронной карты;
- выдачу рекомендаций лицам, принимающим исследовательские решения, в случае выявления по ходу реализации сценариев очевидных нестыковок учитываемых фактов при проведении исследовательского моделирования, имитационных игр и анализа ситуаций;
- представление географических (пространственно-координированных данных) для пользователя в традиционных качественных категориях предметной области деятельности;
- интеллектуальный анализ пространственно-временных аспектов деятельности объектов.

Предлагаемый в данной статье подход к применению интеллектуализированных ГИС-технологий в исторических исследованиях предусматривает для различных категорий пользователей возможность параметризации и наращивания номенклатуры видов пространственных моделей протекания исторических процессов, изменения дисциплины осуществления анализа положения на электронной карте, что позволяет говорить о его универсальности и широкой научно-исследовательской применимости.

В завершение статьи авторы выражают признательность доктору исторических наук, профессору Л. И. Бородкину, ознакомившемуся с предварительной редакцией данной статьи, за ряд конструктивных замечаний и ценных дополнений, позволивших улучшить ее содержание.

ПРИМЕЧАНИЯ

- ¹ Баранов Ю. Б. и др. Геоинформатика: толковый словарь основных терминов. М., 2009. 204 с.
 - ² Интеллектуальные географические информационные системы для мониторинга морской обстановки / под общ. ред. чл.-кор. РАН Юсупова Р. М. и д-ра техн. наук Поповича В. В. СПб., 2013. 284 с.
 - ³ Владимиров В. Н. Историческая геоинформатика: геоинформационные системы в исторических исследованиях: монография. Барнаул, 2005. 192 с.
 - ⁴ Интеллектуальные географические информационные системы для мониторинга морской обстановки / под общ. ред. чл.-корр. РАН Юсупова Р. М. и д-ра техн. наук Поповича В. В. СПб., 2013. 284 с.; Гаврилова Т. А., Муромцев Д. И. Интеллектуальные технологии в менеджменте: инструменты и системы: 2-е изд. / Высшая школа менеджмента СПбГУ. СПб., 2008. 488 с.; Юсупов Р. М., Заболотский В. П. Концептуальные и научно-методологические основы информатизации. СПб., 2009. 542 с.; Владимиров В. Н. Указ. соч.; Stottler H. History and Artificial Intelligence. London: Oxford University Press, 2009. 367 p. См. также: URL: http://www.stottlerhenke.com/ai_general/history.htm
 - ⁵ Логинов А. В. Власть и вера: Государство и религиозные институты в истории и современности. М., 2005. 496 с.; Логинов А. В. Россия и Евразия. Евразийский вектор: поиски российской цивилизационной идентичности в XX столетии. М., 2013. 551 с.
 - ⁶ Кротов П. А. Осударева дорога 1702 года: пролог основания Санкт-Петербурга. СПб., 2011. 310 с.
-