

## Раздел II. Информационные технологии, управление

УДК 681.3.06

С.Л. Беляков, А.А. Шоломицкий, Д.С. Самойлов

### УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

*Рассматривается задача построения рабочей области карты геоинформационной системы при ограничении на ресурсы программы-клиента. Описывается интеллектуальная процедура конструирования рабочей области, использующая редуцирование и генерализацию.*

*Геоинформационные системы; качество информационных ресурсов; картографическая генерализация.*

S.L. Belyakov, A.A. Sholomitski, D.S. Samoilov

### QUALITY MANAGEMENT OF A CARTOGRAPHICAL BASIS OF GEOINFORMATION SYSTEMS

*The problem of construction of working area of a card of geoinformation system is considered at restriction on program-client resources. Intellectual procedure of designing of the working area, using reduction and generalisation is described.*

*Ggeoinformation systems; quality of information resources; cartographical generalisation.*

Традиционно практическая полезность любой геоинформационной системы (ГИС) определяется качеством ее картографической основы – совокупности электронных карт, планов и схем. От того, насколько полны, достоверны, актуальны и непротиворечивы картографические материалы, зависит ценность решений, принимаемых на основе их анализа. Поэтому вполне логично, когда процессу картосоставления отводится главная роль в обеспечении качества картографической основы. Вместе с тем, процесс решения прикладных задач с помощью географических карт включает в себя составление первичных карт, построение производных карт и исследование результата с привлечением вычислительных, логических, статистических и разного рода специальных аналитических методов [1]. В современных ГИС эти функции автоматизированы. ГИС-аналитик получает от системы комплексный сервис, включающий информационные ресурсы и процедуры их обработки. Следовательно, итоговое качество определяется более широким набором показателей, чем исключительно параметры электронных географических карт, схем и планов.

Спецификой ГИС является непрерывное изменение качества хранимых данных. Карта как образно-знаковая модель действительности с течением

времени объективно теряет актуальность, полноту, достоверность хранимых данных, новые сведения вступают в противоречие с имеющимися в базе данных. Использование некачественной информации для решения прикладных задач приводит к ущербу. Не решив проблему организации ГИС, позволяющих оценивать качество собственной информационной базы и управлять этим качеством, нельзя надеяться на полноценное существование подобных систем.

Целью данной работы является анализ особенностей системной организации ГИС с позиций управления качеством ее картографической основы. Считается, что ГИС используется для поддержки процессов принятия решений. Как известно, в этот класс не попадают системы, предназначенные для картографического производства. ГИС в принятии решений обеспечивают программный инструментарий для формирования рабочих областей карт и их последующего анализа.

При попытке интегрально оценить качество информационной базы ГИС неизбежно сталкиваются с неполнотой, противоречивостью и нечеткостью в самой формулировке требований к исходным данным, необходимым для решения прикладной задачи. Это объясняется как сложностью процедур расчета параметров качества от «выхода» задачи к её «входу», так и недоопределенностями в постановках прикладных задач. Как показывает анализ, значительное время затрачивается ГИС-аналитиками именно на уточнение постановки задачи путем визуального изучения рабочих карт.

Таким образом, интегрально оценивать качество информационной основы ГИС можно лишь субъективной мерой. В качестве такой меры предлагается использовать информативность рабочих областей карты ГИС, определяемую на основе знаний и опыта экспертов. Информативность определяется как дискретная величина, значения которой определяются нечетко. Минимальным числом уровней оценки является два, соответствующие оценке информативности как «удовлетворительной» и «неудовлетворительной».

Определение качества через информативность позволяет:

- ◆ реализовать многовариантность оценки качества картографической основы разными классами пользователей и ввести механизм подстройки поведения ГИС под классы решаемых задач. Это позволит повысить смысловую целостность получаемой информации;
- ◆ обеспечить дифференциацию оценки картографированного пространства. Концепция информативности рабочей области приводит к необходимости специальных процедур построения рабочих областей для устранения избыточности;
- ◆ обеспечить рациональную основу для отбора информации в хранилища данных. В этом случае решается задача максимизация полезности сохраняемых данных.

Как показывает анализ, решение прикладных задач с помощью ГИС осуществляется по одному из следующих сценариев:

- 1) в ГИС уже отображены необходимые карты, схемы, планы, источники атрибутивных данных и ссылки на внешние информационные ресурсы. Пользователь с помощью программных инструментов получает или числовые данные, или таблицы разнотипных данных, или новую карту, построенную из исходной. По такому сценарию решается, на-

пример, задача нахождения пути из одного пункта в другой на карте города. Характерная особенность данного сценария – использование заранее подготовленных решений – как информационных ресурсов так и сервисных функций и простейший пользовательский программный инструментарий;

- 2) информационные ресурсы ГИС, необходимые пользователю для решения задачи, подготовлены, однако результат строится вне рамок ГИС. В задаче маршрутизации это соответствует ситуации, когда учитываются параметры внешней среды – загруженность отдельных участков дороги, наличие автомобильных пробок, аварий, ремонта. ГИС вырабатывает только рекомендуемые направления движения, окончательное решение остается за пользователем. Анализируя по карте схемы движения, пути объезда, варианты парковки, особенности прилегающей территории, он выбирает наиболее рациональный, с его точки зрения, вариант перемещения. При таком сценарии имеет место поисковый процесс загрузки разномасштабных карт, обращение к внешним источникам информации и изучение сформированных картографических изображений;
- 3) исходные ресурсы ГИС для решения пользователю не подготовлены ввиду отсутствия сведений о решаемой задаче. Например, решается задача транспортировки партии товара. Нахождение кратчайшего пути между пунктами отправки и получения – всего лишь одна из подзадач (далеко не самая важная), которую следует решать при разработке проекта транспортировки. Разработчика могут интересовать самые разнородные данные о пространственной области: расположение транспортных магистралей различных типов (авто, железнодорожных, авиамаршрутов), пунктов промежуточного хранения грузов, размещение поставщиков транспортных услуг и средств, климатические карты и прогноз погоды на ближайшую неделю, статистика дорожно-транспортных происшествий, ландшафт территории, профиль отдельных участков дороги, размещение водоёмов, и многое другое. Рассматриваемый сценарий использования ГИС предполагает активный диалог с системой с целью нахождения полезных сведений пространственно-временного характера. В процессе диалога могут строиться карты, схемы и планы «рабочего» характера: их содержание является исходным для конкретизации и уточнения дальнейших подзадач, интерпретации промежуточных результатов.

Перечисленные сценарии имеют общую черту: решение задач с помощью ГИС требует либо предварительного, либо оперативного построения рабочей области – отбора фрагментов карт, планов, схем и подмножества внешних ресурсов, составляющих лишь часть общей информационной базы ГИС. Роль отбора высока – недостоверные, неточные и неполные сведения порождают риск возникновения ущерба при реализации сформулированных решений. Процесс отбора трудноформализуем, носит исследовательский характер. Эта особенность известна и выделена в рамках картографического метода исследования. Основными этапами картографического исследования является [1]:

- ◆ постановка задачи. Приведенные выше примеры показывают, что сложные проблемы выделяют постановку задачи картографического анализа как самостоятельную цель, причем достаточно нечеткую. Обращает на себя внимание то, что на этапе постановки задачи ГИС-аналитики просматривают карты области исследования, комбинируют слои, виды и ракурсы;
- ◆ отбор источников картографической информации. Технология хранения картографических материалов в современных ГИС такова, что позволяет легко получить чрезвычайно много информации. Интеграция различных форматов картографических данных в одном источнике, интуитивный диалоговый интерфейс, скоростные средства коммуникаций дают, на первый взгляд, мощное средство автоматизации поиска и отбора карт, выделения рабочей области из общего информационного пространства. Следует полагать, что поисковый характер процесса отбора нужной информации – его принципиальная особенность. По мере роста информационной базы задача отбора будет только усложняться;
- ◆ создание производных карт. Данный этап должен завершиться построением совокупности карт, на основе которых формируется решение прикладной задачи. В проекте транспортировки груза могут присутствовать карты, различающиеся не только упомянутой выше тематической направленностью, но и масштабом – степенью детализации пространственных областей от плана контейнерной площадки до среднемасштабной карты региона. Построение набора производных карт в среде ГИС представляет интерес с точки зрения повторного использования как конечного результата, так и процедуры его получения. Как показывает практика, опыт создания и содержание существующих проектов используется для построения новых. ГИС в этом случае может стать средством накопления знаний;
- ◆ интерпретация результатов. На этом этапе ГИС-аналитик визуально исследует картографические изображения, синтезированные на предыдущем этапе, применяет к ним картометрические, морфометрические, вероятностно-статистические и аналитические математические процедуры. Необходимо отметить, что сложные прикладные задачи в значительной степени решаются в процессе визуального анализа. Наибольший эффект картографического представления состоит именно в порождении у пользователя карты картографических образов, стимулирующих мыслительную деятельность. Именно таким путем достигается доступ к богатому содержанию географической карты.

Можно видеть, что все перечисленные этапы картографического анализа присутствуют при решении сложных прикладных задач в среде ГИС, а процедура формирования рабочей области является типовой.

Рассмотрим задачу конструирования рабочей области карты.

Под рабочей областью карты  $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$ , состоящей из графических примитивов  $\omega_i$ , понимается подмножество примитивов  $m_w \subseteq \Omega$ , описывающих фрагмент карты с границами

$$L_w = \{S_w, T_w, C_w, E_w\},$$

где  $S_w$  – пространственная,  $T_w$  – временная,  $C_w$  – семантическая (список типов объектов),  $E_w$  – прагматическая границы (список ссылок на внешние источники информации). Рабочая область порождается последовательностью

$$Q_i(X_S, X_T, X_C, X_E), i = \overline{0, N},$$

запросов клиента серверу ГИС, где  $X_*$  – соответственно, пространственные, временные, семантические и прагматические параметры запроса. Если обозначить через  $I(m_w)$  информативность рабочей области, а через  $R(m_w)$  затраты ресурсов клиента на хранение и представление рабочей области карты пользователю, то задача конструирования рабочей области в общем виде формулируется как

$$\begin{cases} I(m_w) \rightarrow \max, \\ R(m_w) \leq R^*, \\ m_w : Q_i(X_S, X_T, X_C, X_E) = \text{true}, i = \overline{1, N}, \end{cases}$$

где  $R^*$  – ограничение на ресурсы клиента,  $N$  – число запросов в сеансе клиента и сервера.

Задача конструирования решается всякий раз после отправки запроса серверу ГИС и получения ответа в виде фрагмента карты. Соблюдение ресурсных ограничений задачи (1), как показывает анализ, осуществляется комбинированием двух операций:

- ◆ редуцирования рабочей области. Редуцированная рабочая область  $m_w'$  получается удалением примитивов из исходной  $m_w$ , что обеспечивает  $|m_w'| < |m_w|$ ;
- ◆ генерализацией фрагмента рабочей области. Операция заключается в замене подмножества примитивов  $f \subseteq m_w$  подмножеством  $f_G \subseteq \Omega$ , причем  $|f_G| < |f|$ .

Реализация перечисленных операций происходит в условиях неопределенности и неоднозначности.

Удаление примитивов из  $m_w$  может быть выполнено многими способами. Очевидно, что должны удаляться «несущественные» элементы картографического изображения. Правила определения существенности, как показывает практика, субъективны и базируются на опыте ГИС-аналитика. Поэтому

редуцирование следует строить как интеллектуальную процедуру, использующую знания о путях упрощения картографических изображений.

Генерализация представляет собой процесс целенаправленного обобщения карты [1], включающий в себя специальные знания картографов-разработчиков. Реализовать подобную процедуру, как показывает анализ попыток её практического воплощения [2], в полном объеме весьма проблематично. По этой причине будем рассматривать вариант хранения на ГИС-сервере разномасштабных карт, представляющих одну и ту же пространственную область с различной степенью генерализации. Нечеткое соответствие между объектами исходной и генерализованной карты заставляет обращаться к механизмам, использующим знания, при попытке обобщения фрагмента карты. С позиции картографии такой прием эклектичен, однако с практической точки зрения полезен и поддерживается современными системами визуализации.

Таким образом, задача управления качеством картографической основы ГИС реализуется введением программных компонентов для реализации интеллектуальной процедуры конструирования рабочих областей карт. Процесс конструирования включает две операции – редуцирования и генерализации – строятся на основе знаний.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берлянт А.М. Картографический метод исследования. – М.: Изд-во МГУ, 1988.
2. Берлянт А.М., Мусин О.Р., Собчук Т.В. Картографическая генерализация и теория фракталов.- М.: Наука, 1998.

Беляков Станислав Леонидович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: beliacov@yandex.ru.

г. Таганрог, ул. Роза Люксембург, д. 46/1.

Тел.: 8(8634)371-743.

Профессор.

Самойлов Дмитрий Станиславович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: duma@yandex.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 8(8634)371-743.

Студент.

Шоломицкий Андрей Аркадьевич

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк.

E-mail: sholomitskij@gis.dgtu.donetsk.ua.

Тел.: 8(062)301-07-81.

Профессор.

Beliacov Stanislav Leonidovich  
Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.  
E-mail: beliacov@yandex.ru.  
46/1, Roza Luksemburg street, Taganrog, Russia.  
Phone: 8(8634)371-743.  
Professor.

Samoilov Dmytri Stanislavovich  
Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.  
E-mail: duma@yandex.ru.  
44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.  
Phone: 8(8634)371-743.  
Student.

Sholomitski Anatoly Arkadievich  
Donetsk national technical university.  
E-mail: sholomitskij@gis.dgtu.donetsk.ua.  
Phone: 8(062)301-07-81.  
Professor.

УДК 004.42

**В.Е. Золотовский, М.Ф. Гильванов**

**СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ ВЫСОКОТОЧНОГО  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛОВЫХ КООРДИНАТ ОБЪЕКТОВ**

*В статье рассматриваются вопросы построения систем с произвольной разрядностью для реализации высокоточных алгоритмов определения координат объектов. При построении таких систем предлагается использовать представление данных в кодах “опережающий перенос”. Подробно рассматривается математическая модель высокоточного определения угловых координат объектов, для которой определяется набор операций.*

*Антенная решётка; моделирование; эквидистантный; длина волны; корреляционная матрица; собственные значения; Эрмитова матрица; метод Якоби.*

**V.E. Zolotovskiy, M.F. Gilvanov**

**DATA PROCESSING SYSTEM FOR PRECISION DEFINITION OF  
OBJECTS' ANGULAR COORDINATES**

*In paper questions of development of systems with arbitrary dimensionality for implementation of precision algorithms of objects coordinates definition are considered. At creation of such systems it is offered to use data presentation in codes “forward carry”. Is considered the mathematical model of precision definition of objects angular coordinates and defined set of operations.*