



УДК 681.3.06

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ

Беляков С.Л., Белякова М.Л., Савельева М.Н.

Южный федеральный университет,

г. Таганрог, Россия

Beliacov@yandex.ru

asni@fep.tsure.ru

marina.n.savelyeva@gmail.com

В работе рассматривается модель визуализации электронных карт с картографическими объектами, которые получены путем распознавания содержимого мультимедиа-источников информации. Предлагается формализация, основанная на использовании функции информативности картографических изображений. Анализируются стратегии визуализации для ряда практически важных ситуаций картографического анализа.

Ключевые слова: интеллектуальные геоинформационные системы, визуализация, картографирование.

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа ставит своей целью анализ модели интеллектуального управления процессом картографической визуализации не полностью определённых ситуаций. Неполнота касается пространственных, временных координат и семантических атрибутов. Интеллектуальное управление, основанное на знаниях, представляется рациональной альтернативой традиционным детерминированным процедурам управления визуализацией.

Следует предположить, что совершенствование систем распознавания изображений, текстов и речи в недалёком будущем приведёт к появлению новой функции геоинформационных систем – автоматическому картографированию не полностью определённых ситуаций. Соответствующая подсистема будет представлять в образно-знаковом виде объекты и явления, описание которых получено из источников информации в сети Интернет. Очевидно, что требуется особый подход к процедурам визуализации и оценки качества подобных карт. Его основой должно стать использование принципов интеллектуализации информационных систем.

1. Управление визуализацией в ГИС

Рассмотрим модель использования электронной карты. Решая прикладную задачу с помощью ГИС, пользователь реализует процедуру

картографического анализа [Берлянт, 1986]. В основе процедуры лежит создание рабочей области общей карты, составляющую информационную основу ГИС. Под рабочей областью карты $\Omega = \{ \omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n \}$, состоящей из картографических объектов ω_i , понимается подмножество объектов $m_w \subseteq \Omega$, 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 (описание границ применимости). 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. $Q_i(X_S, X_T, X_C, X_E)$ – это предикат запроса, который в современных ГИС строится пользователем с помощью диалоговых меню либо напрямую задаётся как выражение на языке SQL. С содержательной точки зрения, запросы обеспечивают манипулирование картографическим изображением (зуммирование, панорамирование, наложение слоев, манипулирование видами) и синтез картографических объектов (зон, путей,

распределений).

Структура рабочей области $m_w \subseteq \Omega$ может быть представлена в виде объединения двух множеств:

$$m_w = B \cup E,$$

$$B \subseteq \Omega : \forall \omega_i \in B \Rightarrow \exists Q_j (X_s, X_T, X_C, X_E) = true,$$

$$j = \overline{1, N}, i = \overline{1, |\Omega|}, B \cap E = \emptyset, E \subseteq \Omega.$$

Множество B – это остов запроса, определяющийся только предикатами запросов, E – окружение остова, т.е. подмножество картографических объектов, обеспечивающее смысловую целостность рабочей области. Окружение формируется применением экспертных правил построения образа ответа $K(B, \Omega)$ к остову запроса B :

$$\omega_i \in E \Rightarrow K(B, \Omega) = true, i = \overline{1, |m_w|}.$$

Экспертные правила $K(B, \Omega)$ отображают знания о том, как строятся полезные для решения задачи картографические изображения [Розенберг, 2010]. Применение знаний ведёт к сокращению избыточности картографических изображений и повышению их информативности.

Информативность $I(m_w)$ всякой рабочей области является относительной субъективно определяемой величиной. Её значение достоверно оценивается только в узких рамках конкретного класса прикладных задач, которые решаются определённой группой пользователей. Как мера полезности картографического изображения, информативность оценивается конечным множеством значений I_{c_i}

$$c_i \in C : I_{c_i} < I_{c_{i+1}}, i = \overline{1, |C|}, C \geq 2,$$

которые определяются на основе знаний, описываемых экспертными правилами $K_I(m_w)$. Обязательным требованием к знаниям является то, что функция информативности должна иметь единственный максимум при известном числе объектов рабочей области

$$m^* = |m_w|.$$

Данное требование отражает практически важный факт ограниченности возможностей визуального восприятия картографического изображения человеком. При небольшом числе графических объектов в рабочей области информативность невелика и растёт по мере добавления новых объектов. Однако, дальнейшее увеличение числа объектов усложняет изображение, из-за чего информативность начинает снижаться. Скорость роста информативности следует связывать с добавлением объектов из E , поскольку информативность остова B представляет тот начальный минимальный уровень, который рабочая область приобретает благодаря запросам пользователя.

Таким образом,

$$m^* \neq |m_w| \Rightarrow I(m_w) < I_{max},$$

где I_{max} – максимально возможный уровень информативности рабочей области m_w . Заметим, что, в отличие от оценки $I(m_w)$, значение m^* является достаточно устойчивым для профессиональных групп пользователей. Задав эту величину в качестве одного из фактов в правилах $K_I(m_w)$, получаем окончательную «интеллектуальную» аппроксимацию кривой информативности.

Экспертные знания в виде правил $K(B, \Omega)$ и $K_I(m_w)$ воспроизводят «разумную» стратегию визуализации картографических изображений. Отличие описанной «интеллектуальной» визуализации от традиционной – в поддержке субъективной полезности картографических изображений. Визуализируются не только объекты, отвечающие предикату запроса, но и все те, которые наполняют картографическое изображение смыслом.

Управление визуализацией заключается в решении оптимизационной задачи

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

Интеллектуальная ГИС, таким образом, контролирует сложность рабочей области, добавляя или удаляя картографические объекты.

2. Визуализация при наличии дефектов

Оперативность отображения реального мира в картографическом виде предполагает запись в базу картографических данных новых картографических объектов. Каждый из них является результатом работы некоторой программы распознавания и анализа снимков, текстов, сообщений, и т.д. Этот результат не может не содержать неопределённости. Следовательно, картографические объекты отображают неопределённые ситуации. Появление в картографической базе данных ГИС новых объектов, не согласованных с существующей картографической основой, требует специальных мер для поддержания информативности. Рассмотрим особенности управления визуализацией в этом случае.

Обозначим через $S = \{s_i\}$ множество картографических объектов, построенных на основании анализа состояния источников информации в Интернет. Предполагается, что ГИС обладает поисковой системой, способной находить информационные ресурсы для извлечения пространственных данных, и набором программ

распознавания ситуаций.

Информационная база ГИС дополняется множеством картографических объектов S :

$$\bar{\Omega} = \Omega \cup S,$$

причём, в отличие от любого объекта $\omega_i \in \Omega$, пространственно-временные координаты и семантические атрибуты $s_i \in S$ не являются абсолютно достоверными.

Простое добавление ситуаций в рабочую область и её визуализация с максимизацией информативности

$$I(B \cup E \cup S)$$

не может выполняться рассмотренным выше путем. Дело в том, что визуализация ситуаций $s_i \in S$ порождает дефекты картографического отображения, причиной которых является наложение изображений ситуаций $V(s_i)$ и объектов картографической основы:

$$V(s_i) \cap V(\omega_j) \neq \emptyset.$$

В качестве примера подобного дефекта можно привести отображение проложенных маршрутов сервисом Яндекс.Карты (см.рис.) Линия маршрута накладывается на названия улиц и номера домов, на контуры кварталов и зданий.



Рисунок 1 – Маршрут на карте

Как показал анализ, дефекты на картографическом изображении можно разделить на два класса:

- визуальные, создающие у пользователя неверное представление об объектах, изображения которых наложились друг на друга. При визуальном анализе карты возникает опасность того, что любой из участвующих в наложении объектов будет воспринят неверно. Заметим, что программно выявить наложение несложно, однако оценка результата восприятия образовавшегося наложения представляет собой самостоятельную задачу. Например, может быть использовано нормализованное представление картографических

объектов [Розенберг, 2010];

- процедурные, порождающие неверные результаты при выполнении процедур картографического анализа. В примере на рисунке возникает ошибка оценки топологического отношения «находиться рядом». Если выполняется запрос «найти все объекты, находящиеся рядом с маршрутом», результат будет неверным. Некоторые объекты находятся в отношении «пересекается». Обнаружение процедурных дефектов также представляет собой самостоятельную задачу и здесь не рассматривается. Важно то, что наложение изображений картографических объектов способно порождать ошибки в работе аналитических процедур.

Всякий дефект снижает информативность картографического изображения. Будем считать, что для устранения дефекта часть объектов удаляется. Пусть сформировано множество $D = \{d_i\}$ удалённых из рабочей области объектов. Тогда новая рабочая область описывается множеством

$$\tilde{m}_w = B \cup E \cup S \setminus D.$$

Условием того, что добавление неопределённых ситуаций даёт эффект, должно стать выполнение неравенства

$$I(B \cup E \cup S \setminus D) > I(B \cup E).$$

Данное неравенство является условием целесообразности включения в рабочую область объектов, описывающих неопределённые ситуации.

Анализ неравенства позволяет сделать ряд выводов, касающихся качества базовой картографической основы и стратегий отображения неопределённых ситуаций.

Если

$$I(B \cup E) = I_{max} \text{ и } |S| \neq |D|$$

то улучшить информативность не удастся, поскольку число m^* останется постоянным. Содержательно это означает, что базовая картографическая основа насыщена полезными данными до предела их человеческого восприятия. При этом уровень распознавания ситуаций таков, что автоматическое отображение объектов ухудшает качество рабочей области. Данный случай можно рассматривать как следствие недостаточной эффективности подсистемы распознавания.

Случай, когда

$$I(B \cup E) = I_{max} \text{ и } |S| \gg |D|$$

представляет эффективную систему распознавания. Согласованность автоматически картографируемых ситуаций с базовой картографической основой высока и это позволяет с помощью правил $K(B, \Omega)$ сконструировать новое изображение высокой информативности. В состав изображения

войдут более значимые классы объектов из множества S , за счёт чего будет обеспечена высокая содержательность изображения. К подсистеме распознавания не предъявляется никаких дополнительных требований, ее работа считается удовлетворительной.

Базовая картографическая основа может оказаться недостаточно информативной для решаемой задачи. Формально это означает, что

$$|m_w| \rightarrow 0.$$

В таком случае эффективное распознавание, означающее $|S| \gg |D|$, неизбежно повышает информативность. Это свидетельствует о безусловной целесообразности автоматического картографирования.

Практически важным случаем является «перегруженная» информацией рабочая область. Подобная ситуация возникает в продолжительных сеансах работы над прикладной задачей. Пользователь в таких случаях комбинирует слои и фрагменты карты с целью нахождения решения, намеренно игнорируя падение информативности из-за увеличения сложности рабочей области. Здесь имеет место «ручная работа» по созданию рабочей области, когда интеллектуальная система управления информативностью намеренно отключена. Формально этому случаю соответствует

$$I(B \cup E) < I_{max} \text{ и } |m_w| > m^*.$$

Тогда даже эффективное распознавание, предполагающее $|S| \gg |D|$, приводит к дальнейшему падению информативности. Соответственно, малоэффективное распознавание, для которого $|S| \approx |D|$, подобных последствий не вызывает. Данный частный случай может рассматриваться как условие отключения интеллектуального управления и переход на «ручной» режим построения изображений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе, таким образом, проанализирована модель, являющаяся основой геоинформационного сервиса для решения оперативных задач. Модель описывает стратегию конструирования рабочей области карты максимальной информативности. При этом учитывается ограниченная достоверность распознавания ситуаций, которое обеспечивается внешними автономными системами наблюдения реального мира.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 12-01-00032-а, 11-01-00011-а.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

[Берлянт, 1986] Берлянт А.М. Образ пространства: карта и информация. – М.: Мысль, 1986.

[Розенберг, 2010] Розенберг И.Н., Беяков С.Л. Программные интеллектуальные оболочки геоинформационных систем / Под редакцией Л.С.Берштейна. – М.: Научный мир, 2010.

INTELLECTUAL IMAGING IN AUTOMATIC MAPPING

Belyakov S.L., Belyakova M.L., Savelyeva M.N.

Southern Federal University, Taganrog, Russia

Beliacov@yandex.ru

asni@fep.tsure.ru

marina.n.savelyeva@gmail.com

We consider the rendering model of electronic maps with map objects, which are obtained by recognizing the content of multimedia information sources. It is proposed a formalization based on using the information content of cartographic images. Examines strategies for rendering a number of practically important cases of cartographic analysis.

INTRODUCTION

This work aims to analyze the model predictive control of cartographic visualization process is not completely certain situations. Incompleteness for spatial, temporal coordinates and semantic attributes.

MAIN PART

Describes the set-theoretic model of imaging that includes the task of maximizing the information content of the working area of electronic GIS maps. Information content of any work area is determined by the relative subjective value. Its value is reliably estimated only in the narrow framework of a specific class of applications that can be solved a specific group of users.

Introduce the concept of defect chart picture. Defects are divided into two classes. First class - it's visual, the user creating the wrong impression about the objects whose images are superimposed on each other. By visual analysis of the map there is a risk that any of the objects involved in the imposition will be perceived incorrectly.

The second class contains the procedural defects that generate incorrect results when performing procedures cartographic analysis.

CONCLUSION

In this paper we analyze the model, which is based on GIS services to solve operational problems. The model describes the design strategy of the working areas of the map as informative. This takes into account the limited accuracy of the recognition of a situation, which is provided by external autonomous observing systems of the real world.