

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Балыбердин В.А., Белевцев А.М., Степанов О.А.* Оптимизация информационных процессов в автоматизированных системах с распределённой обработкой данных. – М.: Технология, 2002.
2. *Домбровский Я.Е., Дружинин М.А.* О построении начальной популяции решений в задачах оптимизации технологических процессов в распределённых системах запросного типа: Сборник статей «Гагаринские чтения». – М., 2009. – 2 с.
3. *Davis L.* Handbook of Genetic Algorithms. – N.J., van Nostrand, 1991. – 408 p.
4. *Батищев Д.И.* Генетические алгоритмы решения экстремальных задач. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 1995. – 132 с.
5. *Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М.* Генетические алгоритмы. – М.: Физматлит, 2006. – 318 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.А. Петраков.

Белевцев Андрей Михайлович – Информационно-аналитический инновационный центр МАТИ; e-mail: ambelevtsev@yandex.ru; 121522, г. Москва, ул. Оршавская, 3; тел.: 89037691788; д.т.н.; профессор; научный руководитель.

Дружинин Михаил Александрович – 3 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации; e-mail: ambelevtsev@yandex.ru; 107564, Москва, Погонный пр-д, 10; тел.89261334779; начальник лаборатории.

Belevtsev Andrey Michailovich – Information-Analytical Innovation Center MATI; e-mail: ambelevtsev@yandex.ru; 3, Orshavckay street, Moscow, 121522, Russia; phone: +79037691788; dr. of eng. sc.; professor; science supervisor.

Druzhinin Mihail Aleksandrovich – 3 The central scientific research institute of the Ministry of Defence of the Russian federation; e-mail: ambelevtsev@yandex.ru; 10, Pogonny'j, Moscow, 107564, Russia; phone: +79261334779; a laboratory head.

УДК 519.688

С.Л. Беляков, М.Л. Белякова, И.Н. Розенберг

**ОГРАНИЧЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ПРИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ
ПРОСТРАНСТВЕННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ***

Работа посвящена проблеме визуализации информации, содержащейся в базах пространственных данных информационных систем. Необходимость автоматической визуализации ставит задачу построения формальных соотношений для оценки целостности базы данных на уровне представления в виде карты или схемы. В статье проанализированы особенности концептуальной модели визуализации. Предложены оценочные булевы функции, значения которых используются для выявления аномалий добавления и удаления элементов данных в карту или схему. Описаны условия возникновения дефектов отображения поисковых схем. Сформулированы принципы учета топологических отношений между элементами визуального представления базы данных. Приведены соотношения для оценки целостности с учетом топологии пространственных объектов. Предложена нечеткая модель классификации ограничений целостности.

Визуализация баз данных; геоинформационные системы; целостность.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты №11-01-00011 и №12-01-00032.

S.L. Beliacov, M.L. Beliacova, I.N. Rozenberg

INTEGRITY CONSTRAINT IN VISUALIZING SPATIAL DATABASE

The work is devoted to the visualization of the information contained in the databases of spatial data information systems. The need to automatically sets the task of building visualization of formal relations for assessing the integrity of the database at the presentation in the form of a map or chart. The paper analyzes the features of the conceptual model visualization. Proposed evaluation Boolean functions whose values are used to detect anomalies add and delete data elements in a map or chart. The conditions of defect mapping search schemes. The principles of accounting topological relationships between the elements of the visual representation of the database. Shows ratios for assessing the integrity of the space with the topology of the objects. Proposed fuzzy classification model constraints

Visualization databases; geographic information systems; integrity.

Под целостностью базы данных понимают логическую непротиворечивость хранимых в ней сведений. В наиболее общем виде условия целостности сформулированы для реляционных баз данных и определяют целостность сущностей и целостность связей. Этого недостаточно в том случае, когда данные подлежат визуализации. Данный случай соответствует хранению пространственных данных, которые должны отображаться визуальными картами или схемами [1]. Модель визуализации предполагает наличие самостоятельных визуальных сущностей множества V , несущих знания об отношениях между сущностями множества E базы данных. Такая организация системы с базой данных требует определения ограничений более высокого уровня. Эти ограничения должны блокировать:

- ◆ возможность возникновения аномалий добавления и удаления визуальных объектов в существующие схемы или карты;
- ◆ некорректности визуального отображения схем в разных системах графических обозначений.

Концептуально базу пространственных данных представим следующей моделью. Множество классов объектов базы данных включает в себя подмножество визуальных и подмножество атрибутивных классов:

$$C = C_V \cup C_A, C_V \cap C_A = \emptyset.$$

Визуальные классы объектов включают графические примитивы, растровые объекты, слои, виды. Атрибутивные объекты включают в себя описательные характеристики отображаемых на схеме визуальных объектов. В данном случае набор классов соответствует множеству E . Всякий экземпляр визуального объекта $x_V^i \in X_V, i = \overline{1, |X_V|}$ связан с подмножеством атрибутивных объектов $x_A^* \in X_A, |x_A^*| \geq 1$. Следовательно, первичные ключи для X_V являются внешними для X_A , что относится к условию целостности, поддерживаемому на уровне СУБД.

Этого условия недостаточно, если учитывать визуализацию объектов X_V . Обозначим через S множество схем (карт), которыми отображаются данные. Любая схема $s_i \in S$ представляет собой подмножество $s_i \subseteq X_V, s_i \cap s_j \neq \emptyset, i, j = \overline{1, |S|}$. Тогда условием целостности визуализации должна быть различимость визуальных объектов: при наложении друг на друга пользователь должен распознать каждый отдельный объект. Если \dot{x}_V^i – видимая часть визуального объекта x_V^i , то СУБД с помощью оценочной логической функции

$$\Theta(\dot{x}_V^i) = \begin{cases} 1, & \text{если по } \dot{x}_V^i \text{ распознаётся } x_V^i \setminus \dot{x}_V^i, \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

должна принимать решение о целостности. При $\Theta(\dot{x}_V^i) = 0$ имеет место аномалия добавления нового визуального объекта \dot{x}_V^i в базу пространственных данных.

В случае удаления визуального объекта оценке подвергаются элементы, оставшиеся в изображении. Оценивается наличие дефекта отображения:

$$\Theta(x_V^i) = \begin{cases} 1, & \text{если } x_V^i \text{ не имеет дефекта отображения,} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Под дефектом отображения понимается отсутствие на изображении существенно важных объектов, без которых рассматриваемый объект теряет смысл. С формальной точки зрения, достаточно указать классы или экземпляры объектов, наличие которых является обязательным.

Для построения оценочной функции предлагается следующий подход. Для каждого класса визуальных объектов $C_V^i \in C_V$ построим представление экземпляров класса как совокупности элементов

$$f_{C_V^i} = \bigcup_j^M f_{C_V^i}^j, f_{C_V^i}^j \cap f_{C_V^k}^j \neq \emptyset, i, k = \overline{1, M}, \Theta_{C_V^i}(f_{C_V^i}^j) = 1.$$

Каждый элемент $f_{C_V^i}^j$ является индикатором для определения объекта $f_{C_V^i}$.

Вид элемента определяется экспертным путём. Тогда

$$\Theta_{C_V^i}(\dot{x}_V^i) = \bigvee_j^M (f_{C_V^i}^j \subseteq \dot{x}_V^i).$$

Приведённое выражение для $\Theta_{C_V^i}(\dot{x}_V^i)$ ориентировано на морфологический анализ изображения, т.е. на его формообразующие элементы. Для монохромных графических устройств отображения данный подход естественен. Цветные мониторы позволяют использовать цвет и текстуры, градиентную заливку, повышающие надёжность распознавания. Количество элементов и их сложность могут быть снижены при одной и той же надёжности распознавания. Соответственно выражение для оценочной функции примет вид

$$\Theta_{C_V^i}(\dot{x}_V^i) = (\bigvee_n^N (a_{C_V^i}^n = a_n^*)) \bigvee_j^M (f_{C_V^i}^j \subseteq \dot{x}_V^i),$$

где $a_{C_V^i}^n$ – атрибут класса C_V^i , a_n^* – заданное значение атрибута, N – число используемых атрибутов.

Описанный подход к представлению объектов применим для выявления аномалии добавления. Его использование для обнаружения аномалии удаления может строиться следующим образом: аномалия удаления обусловлена разрывом смысловых связей, расположенных рядом объектов. Обнаружить дефекты отображения можно путём анализа визуальных объектов. Следовательно, необходимо хранить образцы дефектов и соответственно обнаруживать их на изображении указанным выше способом.

Надёжность распознавания может быть повышена за счёт анализа топологических отношений объектов различных классов. Для этого представим визуальный объект Y набором непересекающихся областей:

$$Y = Y_{IN} \cup Y_{BND} \cup Y_{ENV} \cup Y_{OUT},$$

где Y_{IN} – внутренняя область объекта, Y_{BND} – граница, отделяющая внутреннюю область, Y_{ENV} – область прилегания, Y_{OUT} – внешняя область. Область прилегания Y_{ENV} введена для того, чтобы отразить особенность человеческого образного восприятия: нахождение определённых объектов «рядом», «по соседству» несёт зачастую много информации об основном объекте.

С помощью теоретико-множественных операций над введёнными областями могут быть описаны отношения между парами объектов Y и Z . В рассматриваемом случае представляют интерес признаки наличия следующих отношений:

- ◆ примыкания Y и Z :

$$R_1 = (Z_{ENV} \cap Y_{ENV} \neq \emptyset) \& ((Z_{ENV} \cup Z_{IN} \cup Z_{BND}) \subset Y_{OUT}) \\ \& ((Y_{ENV} \cup Y_{IN} \cup Y_{BND}) \subset Z_{OUT});$$

- ◆ внешнего касания Y и Z :

$$R_2 = (Z_{BND} \cap Y_{BND} \neq \emptyset) \& (Z_{ENV} \cap Y_{ENV} \neq \emptyset) \& \\ \& ((Z_{ENV} \cup Z_{IN} \cup Z_{BND}) \subset Y_{OUT}) \& ((Y_{ENV} \cup Y_{IN} \cup Y_{BND}) \subset Z_{OUT});$$

- ◆ внутреннего касания Y и Z :

$$R_3 = (Z_{BND} \cap Y_{BND} \neq \emptyset) \& ((Z_{IN} \cup Z_{BND}) \subset Y_{IN}) \\ \& ((Y_{ENV} \cup Y_{BND} \cup Y_{IN}) \subset Z_{OUT});$$

- ◆ включения Y в Z :

$$R_4 = ((Y_{ENV} \cup Y_{BND} \cup Y_{IN}) \subset Z_{IN}) \\ \& ((Z_{BND} \cup Z_{ENV}) \subset Y_{OUT});$$

- ◆ включения Z в Y :

$$R_5 = ((Z_{ENV} \cup Z_{BND} \cup Z_{IN}) \subset Y_{IN}) \\ \& ((Y_{BND} \cup Y_{ENV}) \subset Z_{OUT});$$

- ◆ перекрытие объектов Y и Z :

$$R_6 = (Y_{IN} \cap Z_{IN} \neq \emptyset) \& (Y_{BND} \cap Z_{BND} \neq \emptyset) \& (Y_{ENV} \cap Z_{ENV} \neq \emptyset) \& \\ \& (Z_{IN} \subset Y_{OUT}) \& (Z_{BND} \subset Y_{OUT}) \& (Z_{ENV} \subset Y_{OUT}) \& \\ \& (Y_{IN} \subset Z_{OUT}) \& (Y_{BND} \subset Z_{OUT}) \& (Y_{ENV} \subset Z_{OUT}).$$

Набор признаков $R_1 - R_6$ даёт возможность описывать условия целостности визуального представления карт и схем пространственных данных.

Оценочная функция для объекта x_V^i в данном случае имеет вид

$$\Theta_{C_V^i}(x_V^i) = \bigvee_j^M R_1^{\sigma_j} \& R_2^{\sigma_j} \& \dots \& R_6^{\sigma_j},$$

где

$$\sigma_j = \begin{cases} 1, & \text{если } R_j \text{ входит в конъюнкцию без инверсии;} \\ 0, & \text{если } R_j \text{ входит в конъюнкцию с инверсией.} \end{cases}$$

Необходимо отметить важную особенность анализа топологических отношений: он применим одинаковым образом для выявления аномалий добавления и удаления. Отсутствие или наличие некоторого отношения между объектами либо является дефектом отображения (фиксируется аномалия удаления), либо приводит к неоднозначности интерпретации визуализированного объекта (аномалия добавления).

С точки зрения компьютерной графики, способы отображения объектов на схеме следует оценивать тремя независимыми показателями:

- ◆ формой контура;
- ◆ формой контура с цветовой заливкой либо текстурой;
- ◆ набором прилегающих элементов (контекстом изображения).

Как показал анализ публикаций, не существует формализованных процедур распознавания визуальных объектов на основе анализа формы, цвета, текстуры и контекста изображения. Поэтому рациональным представляется использование модели оценки целостности на основе категорий нечёткости [2, 3]. Целостность визуального отображения оценивается вектором

$$\mu' = (\mu_1, \mu_2, \mu_3),$$

где $\mu_i \in]0,1[, i = \overline{1,3}$ – нормированная степень истинности оценочных функций $\Theta_X(Y)$ формы, цвета и текстуры, контекста. Это позволяет разбить множество оценок на классы, перечисленные в табл. 1. В качестве сигнатуры класса в таблице показан трёхкомпонентный вектор. Смысл значений компонентов следующий:

- ◆ величина 1 означает, что $\mu_j > 0,5$ и оценочная функция $\Theta_X(Y)$ принимает истинное значение;
- ◆ величина 0 означает, что $\mu_j \leq 0,5$ и оценочная функция $\Theta_X(Y)$ принимает ложное значение;
- ◆ символ «-» предполагает, что степень истинности функции $\Theta_X(Y)$ принимает любое значение;
- ◆ обозначение μ_1, μ_2, μ_3 говорит о том, что соответствующий компонент $\mu_j < 0,5$.

Таблица 1

| Наименование класса | Сигнатура класса (μ_1, μ_2, μ_3) | Примечание |
|---------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| A1 | (1 - -) | Объект распознаётся по форме |
| A2 | (- 1 -) | Объект распознаётся по цвету или текстуре |
| A3 | (- - 1) | Объект распознаётся по контексту |
| A4 | ($\mu_1, \mu_2, 0$) | Объект распознаётся по форме, цвету и текстуре |
| A5 | ($\mu_1, 0, \mu_3$) | Объект распознаётся по форме и контексту |
| A6 | ($0, \mu_2, \mu_3$) | Объект распознаётся по цвету и текстуре, по контексту |
| A7 | (μ_1, μ_2, μ_3) | Объект распознаётся по форме, цвету и текстуре, по контексту |
| A8 | (0 0 0) | Объект не распознается |

Можно видеть, что целостность базы пространственных данных оценивается нечетким образом, исходя из морфологических, цветовых и текстурных характеристик.

Использование предложенной модели оценки целостности при работе геоинформационных систем и сервисов дает возможность на более высоком качественном уровне использовать пространственные данные. Как известно, ценность пространственных данных во многом определяется теми образами, которые создаются при визуализации карт и схем. Благодаря образам [4, 5], аналитики получают возможность успешно решать сложные прикладные задачи при недостатке, неполноте и неопределенности исходной информации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Беляков С.Л., Диденко Д.А., Самойлов Д.С.* Адаптивная процедура управления представлением рабочей области электронной карты // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – № 1 (126). – С. 121-127.
2. *Берштейн Л.С., Боженьюк А.В.* Оценка степени изоморфизма на основе нечетких множеств внутренней устойчивости и клик нечетких графов // Программные продукты и системы. – 2002. – № 1. – С. 12-15.
3. *Bershtein L.S., Bozhenuk A.V.* Maghouth Method for Determination of Fuzzy Independent, Dominating Vertex Sets and Fuzzy Graph Kernels // International Journal of General Systems. – 2001. – Т. 30, № 1. – С. 45-52.
4. *Беляков С.Л., Белякова М.Л., Самойлов Д.С.* Геоинформационный сервис ситуационного центра // Информационные технологии. – 2011. – № 8. – С. 29-32.
5. *Берштейн Л.С., Беляков С.Л., Боженьюк А.В.* Использование нечетких темпоральных графов для моделирования в ГИС // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – № 1 (126). – С. 121-127.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Е.А. Башков.

Беляков Станислав Леонидович – Научно-технический центр «Информационные технологии» федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: beliacov@yandex.ru; 347922, г. Таганрог, Октябрьская пл., 4; тел.: 84959677701; д.т.н.; с.н.с.

Белякова Марина Леонтьевна – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: asni@fep.tti.sfedu.ru; 347922, г. Таганрог, ул. Шевченко, 2; тел.: +78634371638; кафедра информационных измерительных технологий и систем; к.т.н.; доцент.

Розенберг Игорь Наумович – ОАО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт инженеров железнодорожного транспорта» (НИИАС); e-mail: I.kudreyko@gismps.ru; 109029, Москва, ул. Нижегородская, 27, стр. 1; тел.: 84959677701; д.т.н.; зам. генерального директора.

Beliacov Stanislav Leonidovich – Scientific and Technical Center «Information Technologies» of Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education «Southern Federal University»; e-mail: beliacov@yandex.ru; 4, Oktyabr'skaya sq., Taganrog, 347922, Russia; phone: +74959677701; dr. of eng. sc.; senior scientist.

Beliacova Marina Leontyevna – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: asni@fep.tti.sfedu.ru; 2, Shevchenko street, Taganrog, 347922, Russia; phone: +78634371638; the department of information technology and systems test; cand. of eng. sc.; associate professor.

Rozenberg Igor Naymovich – Public corporation “Research and development institute of railway engineers”; e-mail: I.kudreyko@gismps.ru; 27/1, Nizhegorodskaya, Moscow, 109029, Russia; phone: +74959677701; dr. of. eng. sc.; deputy director.

УДК 681.51.01

А.В. Семенов, А.Р. Гайдук, Ю.А. Гелож

**АЛГОРИТМ РАБОТЫ ДВУМЕРНОГО ЦИФРОВОГО УСТРОЙСТВА
УПРАВЛЕНИЯ**

Рассматривается двумерное устройство управления, на вход которого поступают два цифровых сигнала и подвергаются отдельной линейной цифровой обработке. Управляющее воздействие на выходе двумерного устройства управления формируется в результате линейной комбинации обработанных цифровых сигналов. Синтезируемая система с