

Деращиц Дмитрий Сергеевич – Южный федеральный университет; e-mail: dekanat-rtf@tti.sfedu.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371634; кафедра антенн и радиопередающих устройств; аспирант.

Кисель Наталья Николаевна – кафедра антенн и радиопередающих устройств; профессор; к.т.н.; доцент.

Грищенко Сергей Григорьевич – директор Института радиотехнических систем и управления; к.т.н.; доцент.

Derachits Dmitriy Sergeevich – Southern Federal University; e-mail: dekanat-rtf@tti.sfedu.ru; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371634; the department of antennas and radio transmitter, graduate student.

Kisel Natalia Nikolayevna – the department of antennas and radio transmitters; professor; cand. of eng. sc.; associate professor.

Grishchenko Sergey Grigorievich – director of Institute radio engineering system and control; cand. of eng. sc.; associate professor.

УДК 519.688

С.Л. Беляков, А.В. Боженюк, И.Н. Розенберг

АДАПТАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫМИ СЕРВИСАМИ*

Рассматривается задача анализа процедуры адаптации геоинформационного сервиса к содержательному наполнению собственной информационной базы и связанному с этим изменению поведения пользователей, визуально анализирующих пространственные данные. Данная задача относится к фундаментальной проблеме минимизации избыточности потоков данных в сетях. Актуальность исследования процесса визуализации диктуется также тем, что геоинформационные сервисы оперируют «большими данными». Это означает, что получение данных для решения прикладной задачи требует значительных затрат ресурсов и оказывает заметное влияние на результат решения задачи. Рассматривается задача управления визуализацией, предполагающая формирование максимально полезной для решения задачи рабочей области карты при ограничении на коммуникационные и вычислительные ресурсы. Управление строится на использовании базы знаний о построении полезных рабочих областей карты. Целью адаптации является минимизация отклонения числа картографических объектов рабочей области от заданного значения. Адаптация базируется на генерации правил-гипотез и проверке их истинности. Авторы вводят понятие аномалии диалога клиента и сервиса. Под аномалией понимается вызов функций «ручного» изменения сложности рабочей области. Считается, что в таком случае база знаний сервиса должна быть пополнена новыми знаниями о конструировании рабочей области. Новые правила строятся послефиксации аномалий. Анализируются факторы, влияющие на интервал наблюдения аномалии. Описывается структура создаваемых правил, рассмотрена процедура проверки их истинности. Всякое подтвержденное правило включается в базу знаний на определенный интервал времени. По истечении интервала правило переводится в ранг гипотезы.

Визуализация пространственных данных; геоинформационные системы; интеллектуальные системы; адаптация.

* Работа поддержана грантами РФФИ, проекты №15-01-00149 и №15-01-00185.

S.L. Belyakov, A.V. Bozhenyuk, I.N. Rozenberg

ADAPTATION PROCEDURE OF THE SPATIAL DATA VISUALIZATION MADE BY GEOINFORMATION SERVICES

The article deals with the task of analyzing the adaptation procedure of geoinformation service with contensive filling of its own database and associated with changes of the behavior of users that visually analyze spatial data. This problem relates to the fundamental problem of minimizing redundant data flows in networks. The relevance of the research of process visualization is dictated by the fact that the geo-information services operate "big data." This means that obtaining data for applied problem requires a significant investment of resources and has a significant impact on the result of solving the problem. The paper considers the problem of rendering control, suggesting the formation of the most useful for solving the problem working area of the map when restricted to communications and computing resources. Management is based on the use of knowledge about the construction of useful map workspaces. The purpose of adaptation is to minimize the deviation of the number of map objects of the workspace from the specified value. Adaptation is based on generating hypotheses and their truth-test. The authors introduce the concept of dialogue, customer and service anomaly. By anomaly is understood the function call of "manual" changing the complexity of the work area. It is considered that in such a case, the knowledge base of service has to be replenished with new design workspace data. The new rules are created after fixing the anomalies. The factors influencing to the observation interval of anomaly are analyzed. The structure of established rules is described, the truth test procedure is considered. Any rule confirmed is included into the knowledge base for a certain period of time. After the expiration of interval the rule transfers to the rank of hypothesis.

Visualization of spatial data; geographic information systems; intelligent systems; adaptation.

Введение. Визуализация пространственно-временных данных является одним из основных элементов геоинформационной технологии обработки данных. Построение визуальных образов пространственных объектов, явлений и событий во многих прикладных областях является целью применения геоинформационных систем и сервисов [1–3]. Геоинформационные системы и сервисы являются программными комплексами, обеспечивающими доступ к информационной базе пространственно-временных данных. Визуальный анализ геоизображений является мощным способом решения трудно формализуемых прикладных задач. Образное мышление человека в значительной степени стимулируется схемами и картами, информационное наполнение которых оценивается высоко.

Геоинформационные системы и сервисы непрерывно накапливают данные о непрерывно изменяющемся мире. Благодаря этому процессу информационная база систем приобретает полноту. Общий объем данных, однако, растет и порождает проблемы, характерные для «больших данных» [4–8]. В частности, это проблемы использования накопленных пространственных данных. Попытка решения любой прикладной задачи порождает трудоемкий процесс отбора нужных сведений из огромного объема информации. Оказывается, что процесс отбора влияет на конечный результат и может свести его к нулю. Современные геоинформационные системы и сервисы обладают достаточно совершенным инструментарием поиска и компоновки данных. В то же время можно назвать причины, по которым эти инструменты не дают требуемого эффекта:

- 1) структура картографических баз данных изменяется с течением времени. Появляются новые слои электронной карты, увеличивается число элементов и уровней классификации картографических объектов, создаются новые тематические карты. Как следствие, пользователь теряет целостное представление об информационном наполнении системы, растет вероятность ошибки из-за использования неактуальных данных;

- 2) подготовка рабочей области карты для анализа остается сложной и требует субъективных знаний и умений, учитывающих динамику информационной базы геоинформационной системы. В рабочую область должны быть отобраны картографические материалы из разных источников соответственно точности, масштабу, тематической направленности, и т.д. Трудоемкость данной процедуры растет;
- 3) увеличивается трудоемкость процедур манипулирования рабочей областью анализа. Визуальный анализ сопровождается изменением масштаба изображения, его панорамированием, варьированием ракурса, использованием видов. Данные операции порождают избыточный сетевой трафик и нерационально используют вычислительные ресурсы из-за проб и ошибок пользователя.

Таким образом, при отлаженном процессе накопления пространственно-временных данных возникает опасность их неэффективного использования из-за несовершенства процесса визуализации. Проблемой визуализации является ее зависимость от решаемых задач, характеристики которых субъективно и неявно определяются пользователями. Отбор полезной информации из обширной информационной базы геоинформационных систем и сервисов должен поддерживаться системными процедурами несмотря на субъективность представлений о полезности. Проблема может быть решена введением процедуры адаптации поведения геоинформационной системы к росту объема ее информационной базы.

В данной работе анализируется процесс адаптации, основанный на наблюдении коллективного поведения пользователей геоинформационного сервиса. Результатом наблюдения является опыт взаимодействия при визуальном анализе. Использование накопленного опыта в течение определенного времени позволит повысить качество использования пространственных данных.

Известные результаты. Рассматриваемая проблема тесно связана с общей задачей получения информации высокого качества от геоинформационных сервисов [11–13]. Данная задача является комплексной и включает в себя связанные и взаимно влияющие друг на друга подзадачи. Ряд исследований направлено на повышение качества представления совокупностей пространственных данных как сложных информационных объектов [11]. Целью исследований является нахождение структур, наиболее эффективно описывающих участок земной поверхности применительно к решаемому классу задач. Такой подход эффективен в условиях полной определенности о средствах визуализации и прикладных проблемах.

Задача формирования рабочей области анализа в картографическом виде содержит неопределенность относительно источников информации и их качества [18–20]. Возможным путем решения задачи является создание развитой киберинфраструктуры [9, 10], поддерживающей высокоскоростной доступ к серверам пространственных данных. Наличие подобных механизмов, несомненно, способствует построению информативной рабочей области. Сетевые коммуникации способны объединить воедино множество серверов, а средства сетевого поиска дают возможность поиска информации по ссылкам [11]. Однако, проблема поиска адекватных в содержательном отношении источников пространственных данных остается открытой.

Не связанная, на первый взгляд, задача обновления геоданных [12–16] сильно влияет на качество визуализации. Стандарты производства карт предусматривают их обновление с периодом в несколько лет. Для многих прикладных задач это недопустимо. По этой причине известные геосервисы Интернет используют механизмы обновления карт, базирующиеся на знаниях пользователей специализированных сообществ Интернет [15, 16]. Оценка возможности использовать карты, содержащие неполные, неточные, недостоверные и противоречивые данные, является одним из направлений исследований [7]. Здесь возникает задача отбора пространственных данных на основе знаний [14, 25].

Разработку интеллектуальных геоинформационных систем и сервисов [17–19] следует рассматривать как адекватное решение проблемы отбора пространственных данных высокого качества в условиях неопределенности. Данный подход решает проблемы неполноты информации применением процедур, основанных на знаниях. В работах [18, 19] эта задача исследуется применительно к формированию картографических образов максимальной полезности (информативности).

Задача максимизации полезности изображений. Рассмотрим задачу получения максимально полезных изображений и определим стратегию адаптации.

Для решения прикладной задачи пользователь использует информационную базу геоинформационного сервиса, состоящую из множества $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$ картографических объектов. Рабочая область $m_W \subseteq \Omega$ описывает фрагмент карты

$$L_W = \{S_W, T_W, C_W, E_W\},$$

где S_W – пространственная, T_W – временная, C_W – семантическая, E_W – прагматическая границы. Семантическая граница C_W представляет собой множество классов объектов и отношений, которые описаны в ГИС, E_W представляет собой описание границы применимости построенного фрагмента карты. Конкретная рабочая область с границами L_W порождается последовательностью

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

запросов клиента геоинформационному сервису, где X_* – соответственно, пространственные, временные, семантические и прагматические параметры отдельного запроса. $Q_i(X_S, X_T, X_C, X_E)$ – это предикат запроса, который строится пользователем через систему диалоговых окон либо напрямую задаётся как выражение на языке SQL [1].

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 скелетон запроса, определяющийся исключительно предикатами запросов, E – окружение остова, т.е. подмножество картографических объектов, обеспечивающее непрерывность и смысловую целостность рабочей области. Окружение формируется применением экспертных правил построения образа ответа $K(B, \Omega)$ к скелетону 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 [23]. Применение правил $K(B, \Omega)$ ведёт к сокращению избыточности картографических изображений и повышению их полезности.

Полезность $I(m_W)$ всякой рабочей области является субъективно определяемой величиной. Её значение достоверно оценивается только в узких рамках конкретного класса прикладных задач, которые решаются определённой группой пользователей. Общими ограничениями, следующими из специфики восприятия человеком графических изображений, являются следующие:

$$|m_W| = 0 \Rightarrow I(m_W) = 0,$$

$$|m_W| = \infty \Rightarrow I(m_W) = 0.$$

Оценить степень полезности невозможно никаким иным способом, кроме как с помощью набора экспертных правил $K_I(m_W)$. Экспертные знания в виде правил $K(B, \Omega)$ и $K_I(m_W)$ моделируют разумную стратегию «интеллектуальной» визуализации картографических изображений. Отличие интеллектуальной визуализации – в поддержке субъективной полезности картографических изображений в диалоге с клиентом. Визуализируются не только объекты, отвечающие предикату запроса, но и все те, которые наполняют картографическое изображение смыслом. Формально управление визуализацией заключается в решении задачи

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

Если данная задача решается удовлетворительно, то пользователь не нуждается в ручной корректировке изображения. Клиент имеет в своем интерфейсе функцию *Изменить Сложность (X)*, вызов которой запускает серверную процедуру уменьшения или увеличения количества картографических объектов в рабочей области в зависимости от значения параметра X [19]. Если правила изменения сложности дают неудовлетворительный результат, пользователь вызывает функции непосредственного удаления или добавления картографических объектов в рабочую область. Тем самым он реализует диалог «ручного» управления рабочей областью.

Принцип адаптации. Факт вызова функций удаления и добавления можно рассматривать как аномалию. Причиной аномалии является недостаточная полезность рабочей области, порожденная модификацией базы пространственных данных. Можно предположить, что такие аномалии могут быть устранены добавлением новых правил в $K(B, \Omega)$. Если такие правила найдены, геоинформационный сервис может быть возвращен в оптимальный режим формирования максимально полезных рабочих областей.

Таким образом, адаптацию геоинформационного сервиса к динамике картографической базы и поведения пользователя можно построить на обнаружении и устранении аномалий за счет добавления новых правил в базу знаний.

Предлагаемая процедура адаптации реализуется следующей последовательностью шагов:

- 1) в сеансе работы клиента с сервисом фиксируются аномалии добавления и удаления картографических объектов;
- 2) генерируются правила компенсации аномалий, которые привязываются к построенной рабочей области;
- 3) в последующих сеансах работы с той же рабочей областью делается попытка применения созданных ранее правил и подтверждения их истинности;
- 4) если правило подтверждено, оно включается в картографический образ и используется в диалоге с другими пользователями;
- 5) по истечении некоторого времени подтвержденные правила могут быть перенесены в базу знаний. Если это не сделано, правило переводится в состав правил-гипотез и подвергается последовательности действиям, начиная с п. 3.

Условие фиксации аномалий. Возникновение аномалии должно фиксироваться с учетом того, что визуальный анализ является неформальным процессом манипулирования изображением. Возможны случайные отклонения от основного процесса поддержания полезности изображения.

Существенность отклонения предлагается выявлять анализом временной диаграммы использования команд. Команды клиентской программной оболочки можно разбить на два класса:

- 1) команды конструирования рабочей области. К ним относятся запросы к картографической базе данных, источникам тестовой и другой мультимедиа-информации. Любая команда данного класса завершается добавлением информационных объектов в рабочую область;
- 2) команды манипулирования изображением рабочей области. К данному классу относятся команды зуммирования, панорамирования, переключения слоев, установки видов и ракурсов, непрерывный обход 3D-модели и некоторые другие.

В сеансе работы пользователя периоды конструирования и анализа чередуются. Наблюдая за последовательностью вызова команд, можно выявить границы каждого периода. Обозначим через T_K суммарное время, затраченное в сеансе на конструирование рабочей области, через T_A – на ее визуальный анализ. Тогда результат работы в сеансе может оцениваться следующим образом:

- ◆ если $T_A \gg T_K$, то имеет место устойчивый режим визуального анализа. Можно предположить, что пользователь обладает достоверными знаниями, позволяющими уверенно модифицировать представление рабочей области. Окончательный вывод о существенности изменений можно сделать, зная отклонения сетевого трафика;
- ◆ если $T_A \approx T_K$, то режим анализа нестабилен. Причинами может быть поиск новых полезных данных для ранее известной либо модифицированной постановки задачи. Знания о путях конструирования полезной рабочей области еще не сформированы, поэтому рассматривать отклонения как аномалию нецелесообразно;
- ◆ если $T_A \ll T_K$, то режим анализа неустойчив и может рассматриваться как нахождение решения методом проб и ошибок. Аномалии выявлять нецелесообразно.

Таким образом, практический интерес представляет случай $T_A \gg T_K$. Трудность оценки роста трафика в этой ситуации состоит в том, что этот рост не носит абсолютный характер. Сетевой трафик растет из-за смысловой избыточности рабочей области: определенная доля картографических объектов бесполезна для решаемой задачи. Наличие избыточного трафика предлагается выявлять косвенным образом. Рассмотрим кривую изменения полезности рабочей области, показанную на рис. 1. Значение m^* определяется на основе знаний базового характера, отражает сложность «типичной» рабочей области. Если клиент использует функцию *Изменить Сложность (X)*, то его рабочая область всегда максимально полезна, т.е. фактическое число m картографических объектов в ней удовлетворяет равенству $m = m^*$.

В случае «ручного» изменения $m \neq m^*$.

Если имеет место отклонение в сторону упрощения изображения (в область m^- на рис. 1), его следует рассматривать как работу с недостаточно полезной рабочей областью, нуждающейся в дополнительных данных. Такая ситуация порождает поисковый трафик в сети. Найденные результаты помещаются клиентом в рабочую область. Поскольку ее сложность невелика, следует считать изменение трафика несущественным.

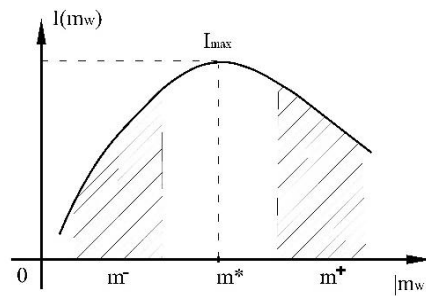


Рис. 1. Функция полезности изображения

В случае отклонений в сторону усложнения изображения (в область m^- на рисунке) возникает перегруженная рабочая область с растущей степенью избыточности. Вполне очевидна необходимость принимать меры для ее снижения.

Окончательно условием фиксации аномалии следует считать

$$(T_A \gg T_K) \& (m \in m^+).$$

Структура правил и их подтверждение. Правило, фиксируемое при аномалии, имеет вид

$$(Z_k \cap m_w \neq \emptyset) \Rightarrow E(L_k),$$

где Z_k – зона действия правила R_k , являющаяся картографическим объектом; m_w – создаваемая рабочая область; $E(L_k)$ – процедура исполнения списка команд L_k правила R_k . Таким образом, описание правил использует механизм ссылок, присущий геоинформационным системам [11]. Зона действия Z_k представляется пространственно-временной границей рабочей области, при работе с которой возникла аномалия.

Из предложенной структуры правила следует механизм подтверждения правил-гипотез. Общим принципом подтверждения созданного правила является его повторное применение. Будем считать, что показателем повторного применения является количество вызовов процедуры $E(L_k)$ за заданный интервал времени. Если в течение установленного времени наблюдения правило использовалось недостаточное часто, оно удаляется из системы как неподтвержденное.

Подтверждение правил-гипотез предлагается строить на основе нечеткой логики [21, 22]. Будем полагать, что правило R_k имеет степень истинности $0 \leq \mu_k \leq 1$. Тогда при заданном α – уровне принятия гипотезы

- ♦ при $\mu_k < \alpha$ правило R_k отвергается;
- ♦ при $\mu_k \geq \alpha$ правило R_k принимается.

Значение α является инструментом регулирования интеллектуального поведения геоинформационного сервиса. Для $\alpha \rightarrow 1$ отбор полезных правил ужесточается, что моделирует «осторожное» поведение системы. Маловероятно, что в этом случае пользователь получит «неожиданные» данные, которые приведут его к полезному решению. Такой вариант целесообразно применять в классах картографических образов, пользователи которых не склонны к активному применению проб и ошибок. Понижение уровня α моделирует «креативность» аналитика. Растет возможность использовать поисковый опыт других пользователей в решении похожих задач.

Постепенное повышение степени истинности правил предлагается осуществлять следующим образом. Пусть

$$x = \frac{|Z_k \cap m_w|}{|m_w|}$$

для правила R_k . Здесь под $|\bullet|$ понимается количество картографических объектов в указанной области. Тогда в случае, если в сеансе не вызывались команды удаления объектов из зоны $Z_k \cap m_w$, то степень истинности правила повышается:

$$\mu_k' = \min(\mu_k + x, 1).$$

Если картографические объекты удалялись, используется выражение

$$\mu_k' = \max(\mu_k - x, 0).$$

Заметим, что с помощью приведенных соотношений моделируются процедуры логического дедуктивного вывода и вывода по аналогии [24]. При

$$m_w \subseteq Z_k$$

рабочая область является «частным случаем» зоны действия правила и это можно рассматривать как дедуктивное логическое заключение. В этой ситуации рабочая область имеет нечто общее с зоной действия правила, что может рассматриваться как аналогия. Здесь $x < 1$, а $\mu_k < 1$. Таким образом, соотношения для вычисления степени истинности отражают известную особенность вывода по аналогии: он правдоподобен, но уступает в достоверности дедуктивному заключению.



Рис. 2. Начальная рабочая область

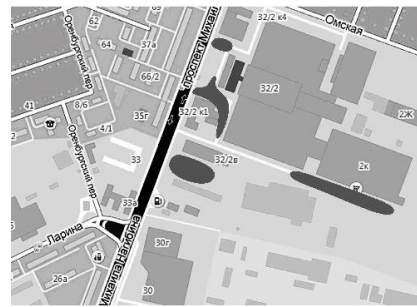


Рис. 3. Рабочая область с новым слоем

$x \geq 1$, а $\mu_k = \pm 1$. При

$$Z_k \subseteq m_w$$

На рис. 2, 3 приведен пример формирования рабочей области анализа пространственных данных. Исходное представление рабочей области (рис. 2) включает в себя объекты для решения задач логистики. Соответствующие знания используются геоинформационным сервисом в рамках картографического образа «Задачи логистики». На рис. 3 показана ситуация, когда один из пользователей нанес на карту зоны парковки вблизи зданий. Добавление информации выполнено на новом слое, не известном системе поддержания картографических образов. Правило-гипотеза о полезности использовании нового слоя появится в следующем сеансе только в том случае, если этот слой будет использован. Сформированное правило будет срабатывать в сеансах всех пользователей картографического образа «Задачи логистики» в течение интервала времени подтверждения.

Анализ результатов. Предложенный механизм адаптации в качестве основного эффекта дает сокращение избыточного трафика, возникающего из-за поиска полезных данных в базе пространственно-временных данных. Выигрыш в объеме трафика можно оценить из практических значений: размер в байтах блоков карты, загружаемых клиентом, обычно колеблется от 10^4 до 10^7 байт. В процессе по-

строения рабочей области «пробная» загрузка может достигать 15–20 блоков. Визуализация по-разному скомпонованных фрагментов дает возможность пользователю выбрать наилучший вариант, который фиксируется в виде нового тематического слоя. При повторном использовании данного слоя другими пользователями средний выигрыш можно оценить величиной 10^8_s , где s является числом сеансов, в которых повторно использовано правило отбора данного фрагмента. Эффект, таким образом, в наибольшей степени проявится при большом числе пользователей геоинформационного сервиса.

Сохранение пользователей своих «находок» является объективно необходимым при работе с базами пространственно-временных данных. С одной стороны, это вызывает рост базы данных. С другой – сдерживает ее рост за счет коллективного накопления и использования опыта поиска. Опыт в данном случае имеет жесткую привязку к карте. Это связано с фиксированным списком команд процедуры $E(L_k)$, которая вызывается при активизации правила. Возможным путем совершенствования процесса адаптации может стать построение обобщающих правил. Правила такого рода дадут эффект в областях пространства, не исследованных ранее пользователями-аналитиками.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Иванников А.Л., Кулагин В.П., Тихонов А.Н., Цветков В.Я.* Геоинформатика. – М.: Макс пресс, 2001.
2. *Беляков С.Л., Белякова М.Л., Самойлов Д.С.* Геоинформационный сервис ситуационного центра // Информационные технологии. – 2011. – № 8. – С. 29-32.
3. *Кобринский Б.А.* Значение визуальных образных представлений для медицинских интеллектуальных систем // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2012. – № 3. – С. 3-8.
4. *Бахин, А. В.* Применение концепции облачных вычислений в геоинформационных системах. – Геоинформатика. – 2013. – № 4. – С. 15-18.
5. *Pettit C., Cartwright W., Bishop I., Lowell K., Puller D., Duncan D.* Landscape Analysis and Visualisation, Spatial Models for Natural Resource Management and Planning. – Berlin: Springer-Verlag. – 2008.
6. *Jacek Malczewski* GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview // Progress in Planning. – 2004. – Vol. 62. – P. 3-65.
7. *Keim D.A.* Information visualization and visual data mining // IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. – 2002. – Vol. 8. – P. 1-8.
8. *Chaowei Yang, Min Sun, Kai Liu, Qunying Huang, Zhenlong Li, Zhipeng Gui, Yunfeng Jiang, Jizhe Xia, Manzhu Yu, Chen Xu, Peter Lostritto, Nanying Zhou* Contemporary Computing Technologies for Processing Big Spatiotemporal Data // Space-Time Integration in Geography and GIScience. – 2015. – P. 327-351.
9. *Li W., Linna L., Goodchild M.F., Anselin L.* A geospatial cyberinfrastructure for urban economic analysis and spatial decision-making // ISPRS International Journal of Geo-Information. – 2012. – № 2. – P. 413-431.
10. *Wang S* A cyberGIS framework for the synthesis of cyberinfrastructure, GIS, and spatial analysis // Annals of the Association of American Geographers. – 2010. – Vol. 100. – P. 535-557.
11. *Hart G., Dolbear C.* Linked Data: A Geographic Perspective. – Taylor & Francis. – 2013.
12. *Ahmed Loai Ali, Falko Schmid* Data Quality Assurance for Volunteered Geographic Information // Geographic Information Science Lecture Notes in Computer Science. – 2014. – Vol. 8728. – P. 126-141.
13. *Michael F. Goodchild, Linna Li.* Assuring the quality of volunteered geographic information // Spatial Statistics. – 2012. – Vol. 1. – P. 110-120.
14. *David Fairbairn* Mapping Disorder: An Exploratory Study. Modern Trends in Cartography // Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. – 2015. – P. 13-22.
15. <https://support.google.com/mapmaker/?hl=ru#topic=3180752> (дата обращения 01.09.2014)
16. <http://clubs.ya.ru/narod-karta/> (дата обращения 01.09.2014).

17. *Popovich V., Vanurin S., Kokh S., Kuzyonny V.* Intellectual Geographic Information System for navigation safety // IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine. – 2011. – Vol. 26. – P. 29-31.
18. *Беляков С.Л., Диденко Д.А., Самойлов Д.С.* Адаптивная процедура управления представлением рабочей области электронной карты // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 1 (114). – С. 125-130.
19. *Беляков С.Л., Розенберг И.Н.* Программные интеллектуальные оболочки геоинформационных систем. – М.: Научный мир, 2010.
20. *Беляков С.Л., Белякова М.Л., Розенберг И.Н.* Ограничения целостности при визуализации пространственной базы данных // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 5. (142). – С. 138-143.
21. *Luger G.F.* Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving. – Addison Wesley. – 2004.
22. *Беляков С.Л., Боженик А.В., Гинис Л.А., Герасименко Е.М.* Нечеткие методы управления потоками в геоинформационных системах. – Таганрог. – 2013.
23. *Варшавский П.Р., Еремеев А.П.* Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2009. – № 1. – С. 45-57.
24. *Вагин В.Н., Головина Е.Ю., Загорянская А.А., Фомина М.В.* Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах / Под ред. Вагина В.Н. и Поспелова Д.А. – М.: Физматлит. – 2008.
25. *Хорошевский В.Ф.* Семантическая интерпретация паттернов данных на основе структурного подхода // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2013. – № 2. – С. 3-13.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.В. Тютиков.

Беляков Станислав Леонидович – Южный федеральный университет; e-mail: beliacov@yandex.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: +78634371695; кафедра информационно-аналитических систем безопасности; д.т.н.; профессор.

Боженик Александр Витальевич – e-mail: avb002@yandex.ru; д.т.н.; профессор.

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

Belyakov Stanislav Leonidovich – Southern Federal University; e-mail: beliacov@yandex.ru; 44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371695; the department of information analytical systems of safety; dr. of eng. sc.; professor.

Bozhenyuk Alexander Vitalievich – e-mail: avb002@yandex.ru; dr. of eng. sc.; professor.

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

УДК 621.396.67

Д.С. Дерачиц, Н.Н. Кисель, С.Г. Грищенко

МОДЕЛИРОВАНИЕ НА БАЗЕ САПР CST MICROWAVE STUDIO ФИЛЬТРА ВЫСОКИХ ЧАСТОТ

Для защиты устройств от помех и решения задачи электромагнитной совместимости необходимо использовать фильтры с затуханием 60 дБ и более в полосе заграждения. Устройства такого типа должны не только эффективно подавлять помеху в требуемом диапазоне частот, но и обладать хорошей экранировкой от проникновения в устройства наводимых