

ПРОГРАММНЫЕ РЕШЕНИЯ В ПРОЦЕССАХ СОЗДАНИЯ
И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТЛАСНЫХ ИНТЕРАКТИВНЫХ КАРТВ. С. ЧАБАНИЮК¹⁾, Л. Г. РУДЕНКО¹⁾¹⁾Институт географии НАН Украины, ул. Владимирская, 44, 01030, г. Киев, Украина

Картографическая интерактивность в настоящее время обычно понимается как дополнение к картографическим представлениям электронных карт конечным пользователям. Обосновывается необходимость расширить указанное понимание. Это поможет создавать современные атласные системы, которые все чаще разрабатываются как интегрированные или состоящие из нескольких систем. Наряду с конечными пользователями эксперты-картографы (разработчики) и аналитики также становятся пользователями атласных систем и их интерактивных карт. Пользователи с соответствующими знаниями объединяются в эпистемологически упорядоченные эшелоны: чем выше эшелон, тем большими знаниями об интерактивности должен обладать пользователь. Поэтому атласная интерактивная картография должна рассматриваться теперь для многих одновременно работающих систем и для многих пользователей. Приведены примеры новых операций картографической интерактивности для новых эшелонов пользователей: для экспертов-картографов это динамическое изменение (т. е. во время эксплуатации системы) картографического метода моделирования действительности, а для аналитиков – самой модели. Выполнен обзор программных решений, которые применяются для реализации расширенной картографической интерактивности при создании нового поколения атласных систем. Для доказательства результатов используются методы новой реляционной картографии. В частности, метод концептуальных каркасов атласных систем, который позволяет объединить методы классической и реляционной картографии в системный метод будущей системной картографии. В качестве примеров парадигм классической картографии выбраны коммуникативная парадигма и перспектива роста Р. Рота из Висконсинского университета в Мэдисоне.

Ключевые слова: интерактивная картография; концептуальный каркас атласных систем; операции интерактивности для экспертов-картографов и аналитиков.

SOFTWARE SOLUTIONS IN THE PROCESSES
OF CREATING AND USING ATLAS INTERACTIVE MAPSV. S. CHABANIUK^a, L. G. RUDENKO^a^aInstitute of Geography, National Academy of Sciences of Ukraine,
44 Volodymyrska Street, Kyiv 01030, Ukraine

Corresponding author: V. S. Chabaniuk (chab3@i.ua)

Cartographic interactivity is now most often understood as an addition to cartographic representations for end users of electronic maps. The article substantiates the need to extend this understanding. This extension will help in creation of the modern atlas systems, which are increasingly being developed as integrated or consisting of several systems. Along

Образец цитирования:

Чабанюк В.С., Руденко Л.Г. Программные решения в процессах создания и использования атласных интерактивных карт. *Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология*. 2019;2:25–39.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-2-25-39>

For citation:

Chabaniuk V.S., Rudenko L.G. Software solutions in the processes of creating and using atlas interactive maps. *Journal of the Belarusian State University. Geography and Geology*. 2019;2: 25–39. Russian.
<https://doi.org/10.33581/2521-6740-2019-2-25-39>

Авторы:

Виктор Савович Чабанюк – кандидат физико-математических наук; старший научный сотрудник отдела картографии. **Леонид Григорьевич Руденко** – академик НАН Украины, доктор географических наук, профессор; заведующий отделом картографии.

Authors:

Viktor S. Chabaniuk, PhD (physics and mathematics); senior researcher at the department of cartography.
chab3@i.ua
Leonid G. Rudenko, academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, doctor of science (geography), full professor, head of the department of cartography.
l.grudenko@gmail.com

with end users, expert-cartographers (developers) and analysts also become users of atlas systems and their interactive maps. Users with relevant knowledge are combined into epistemologically ordered echelons – the higher the echelon, the more knowledge about interactivity the user should possess. Therefore, atlas interactive cartography should now be considered for many simultaneously operating systems and for many users. Examples of new operations of cartographic interactivity for new echelons of users are given: for expert-cartographers this is a dynamic change (i. e. during the operation of the system) of the cartographic method of modeling actuality, and for analysts, the model itself. A review of software solutions that are used to implement extended cartographic interactivity when creating a new generation of atlas systems has been completed. To prove the results, the methods of new relational cartography are used. In particular, the method of conceptual frameworks of atlas systems is used, which allows combining the methods of classical cartography and the methods of relational cartography into the system method of future system cartography. As examples of the paradigms of classical cartography, the communicative paradigm and growth perspective of R. Roth from the University of Wisconsin-Madison are chosen.

Keywords: interactive cartography; conceptual framework of atlas systems; interaction operations for expert-cartographers and analysts.

Введение

В современную цифровую эпоху понятие «интерактивная карта» так же многообразно, как и понятие основного предмета электронной картографии – электронной карты. Если отбросить незначительные краевые варианты, то можно даже считать, что в настоящее время эти понятия совпадают. Действительно, в данной статье речь идет об атласных интерактивных картах. Для электронных атласов справедлива следующая эволюция интерактивности [1, p. 168]: атласы только для просмотра (или атласы только для чтения) → интерактивные атласы → аналитические атласы. Атласы только для просмотра выступают аналогами бумажных атласов и считаются неинтерактивными [1, p. 73]. Они разрабатывались преимущественно в прошлом столетии и практически не создаются в наше время. Поэтому составляющие их карты являются примером упомянутого выше краевого варианта. М.-Ж. Краак и Ф. Ормелинг [2, p. 161] косвенно называют аналитические атласы атласными информационными системами (далее – АТИС). Мы используем для АТИС также прямое определение из работы [3]. Для обозначения всех видов интерактивных и аналитических электронных атласов, а также АТИС применяется термин «атласная система» (сокращенно – АтС). Кроме того, мы учитываем тот факт, что и электронным атласам, и АТИС свойственно некое расширенное понимание (будет определено ниже). Для расширенных систем также используется обозначение АтС, хотя и с некоторыми уточнениями. Например, АтСш – это класс АтС в расширенном понимании.

Литература по интерактивной карте и картографической интерактивности весьма обширна. Поэтому для сокращения количества цитируемых источников о предмете ограничимся только материалами группы ученых из Висконсинского университета в Мэдисоне, руководимой профессором Р. Ротом. Такое ограничение объясняется также следующими тремя причинами. Во-первых, даже выборочные работы по интерактивности, написанные только самим Р. Ротом [4–7], содержат большой перечень литературы по предмету. Поэтому дополнительную информацию читатель сможет получить из указанных источников.

Во-вторых, Р. Рот входит в состав группы ученых, которые в настоящее время выполняют проект «Программа исследований по интерактивной картографии Международной картографической ассоциации (МКА)»¹. Представленные этой группой результаты касаются как отдельных вопросов интерактивной картографии [8], так и видения картографических исследований в целом [9].

В-третьих, Р. Рот в своей докторской диссертации [4] описывает картографическую интерактивность как диалог между человеком и картой, осуществляемый при помощи компьютерного устройства, и понимает ее при этом как дополнение к картографическому представлению. Такая весьма общая интерпретация позволяет рассматривать многие аспекты картографической интерактивности, которые возникают при создании и использовании интерактивных карт. В частности, Р. Рот утверждает [4; 5], что картография находится в очередном кризисе (в оригинале *identity crisis* – кризис идентичности), и предлагает выход из этого кризиса, который заключается в использовании так называемой перспективы роста. Автор считает, что в нее могут быть включены все основные парадигмы картографии. Перспектива роста изображена им в виде квадрата со сторонами (начиная снизу по часовой стрелке): картографическая интерактивность – изготовление карт – картографическое представление – использование карт [4, fig. 1.4].

¹ICA. Interactive Cartography Research Agenda [Electronic resource]. URL: <https://www.researchgate.net/project/ICA-Interactive-Cartography-Research-Agenda> (date of access: 21.02.2019).

Последняя причина важна для нас, поскольку мнение Р. Рота совпадает с нашими представлениями о кризисе картографии, а интерактивность в перспективе роста структурно соответствует интерактивности, которая рассматривается в нашей работе. Для объяснения структурного соответствия двух подходов приведем рис. 1, взятый из работы [5]. Его Р. Рот получил, применив к картографической интерактивности модель (интер)активности Нормана [10].

Д. Норман [10] раскладывает один сеанс (в оригинале *exchange* – обмен) выполнения-оценивания на семь последовательных стадий. Р. Рот [5] считает, что таксономия примитивов интерактивности может быть предложена на всех этих стадиях, однако следует выделить три общих подхода: 1) основанный на задачах (*objectives* – первое *O*) – на стадии формирования намерения; 2) основанный на операторах (*operators* – второе *O*) – на стадии спецификации активности; 3) основанный на операндах (*operands* – третье *O*) – на звене выполнения и оценивания, между стадиями выполнения активности и восприятия состояния системы. Например, при использовании подхода, основанного на операндах (третье *O*), внимание сосредоточивается на операнде или на цифровом (виртуальном) объекте, с которым взаимодействует (конечный) пользователь. При создании будущего пользовательского интерфейса разработчик должен гарантировать надлежащую обратную связь, касающуюся изменений операнда (третье *O*) в зависимости от результатов выполнения оператора (второе *O*).

Мы тоже придерживаемся «трех *O*» картографической интерактивности [5, fig. 2], однако соотносим каждое из трех *O* с одним из трех эшелонов пользователей АтС и их карт (сверху вниз): инфраструктурным (первое *O*), аппликационным (второе *O*) и операционным (третье *O*). Пользователи указанных эшелонов обращаются к одной из трех структурных, или эпистемологических, стратег (сверху вниз) – концептуальной или понятийной (первое *O*), аппликационной (второе *O*) либо операционной (третье *O*),

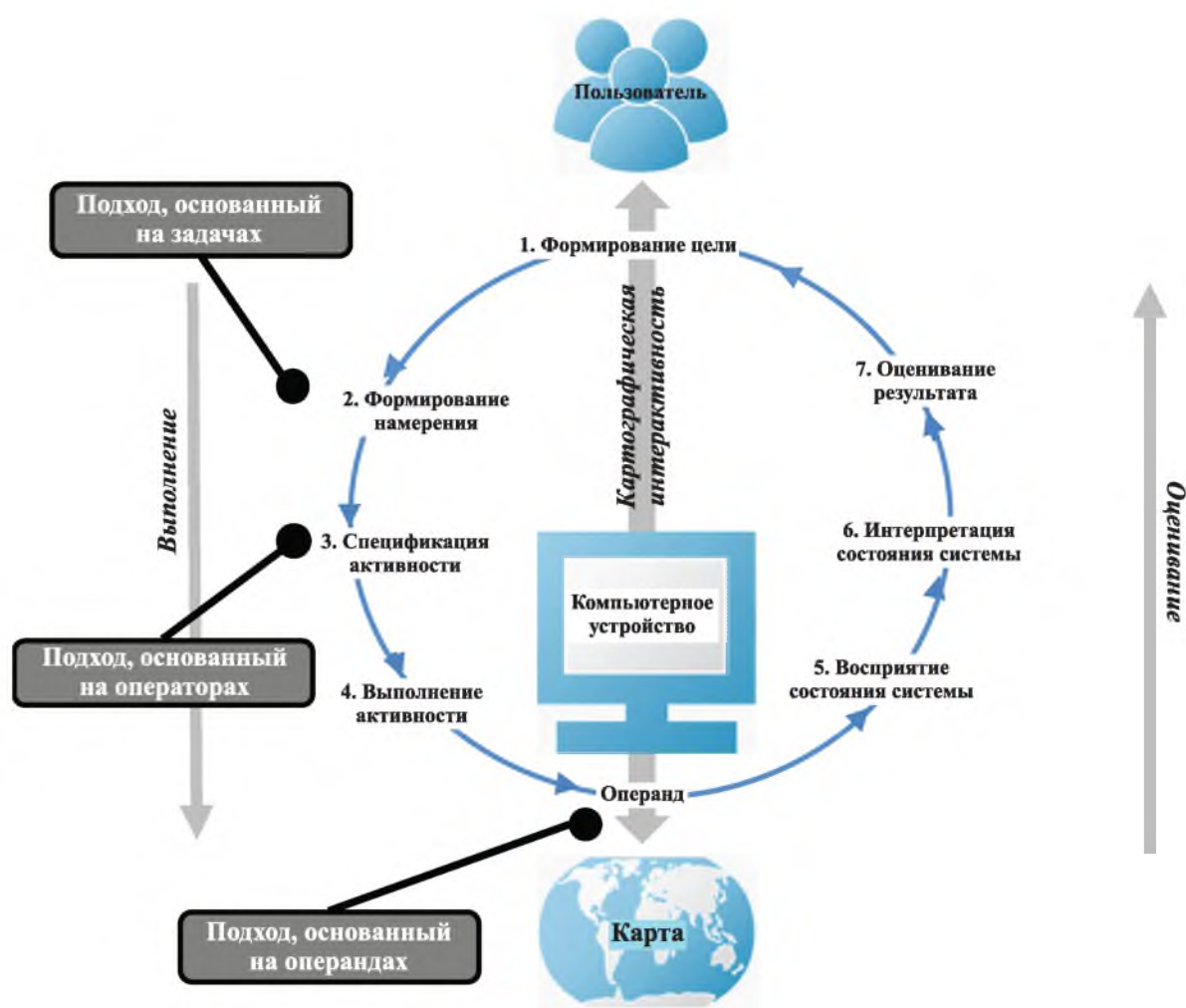


Рис. 1. Стадии модели активности Нормана и «три *O*» картографической интерактивности.
Источник: [5, fig. 2]

Fig. 1. Stages of the Norman's activity model and the «three *O*» cartographic interactivity.
Source: [5, fig. 2]

на которых существуют соответствующие варианты АтС и их карт. Если определять цикл существования какой-либо АтС конечного пользователя, то на каждой страте можно выделить элементы, которые относятся к результатам как минимум трех фаз жизненного цикла системы (сверху вниз): исследования, разработки, эксплуатации. Приведенная информация детализируется в монографии [11].

Здесь мы сделаем только два замечания: 1) в отличие от статьи [5] мы рассматриваем не одну, а множества АтС и их карт, причем на каждой из трех страт. Это же замечание касается и множеств пользователей этих АтС и карт на каждом из трех эшелонов; 2) в нашем подходе существует также эпистемологически самая высокая, общая, страта. Пользователями элементов этой страты выступают ученые или преподаватели. Они объединяются в общий эшелон пользователей.

Поскольку нас интересует теория, которую можно использовать на практике, важно ознакомиться с результатами практической реализации картографической интерактивности в работах школы Висконсинского университета в Мэдисоне. Перед изложением этих результатов необходимо сделать небольшой экскурс в тематику паттернов (*patterns*), а именно следует разграничить понятия каркаса, паттерна и шаблона в информатике и картографии.

В информатике слово *pattern* очень часто переводится на русский язык как «шаблон». Однако этот вариант, скорее всего, нравится переводчикам, которые не различают значений английских терминов *pattern* и *template*. Вместе с тем в ставшем уже стандартом в информатике языке UML (*unified modeling language*) и его окружении эти понятия довольно четко различаются. Так, в глоссарии переведенной с английского книги [12] есть три нужных нам определения: 1) **паттерн** (образец) – типичное решение типичной проблемы в данном контексте; 2) **каркас** – архитектурный образец (паттерн), обеспечивающий расширяемый шаблон приложений в некоторой предметной области; 3) **шаблон** – параметризованный элемент. Во второй редакции этой же книги [13] в глоссарии приведены определения тех же понятий, но перевод изменен: 1) **образец** (*pattern*) – общее решение типичной проблемы в заданном контексте; 2) **каркас** (*framework*) – архитектурный образец, представляющий расширяемый шаблон для приложений в некоторой предметной области; 3) **шаблон** (*template*) – параметризованный элемент. Ниже мы используем понятие «паттерны проектирования» (*design patterns*). Именно такой перевод дан при их описании в ставшей уже классической книге² [14].

В картографии термин «паттерн проектирования» в смысле книги [14] использован в работе [15]. Словом *pattern* Ж. Бертен назвал одну из визуальных переменных (*visual variables*) [16]. Однако в популярном в странах бывшего Советского Союза учебнике А. Берлянта и др. [17, с. 99] эти же переменные переведены как «графические», а *pattern* – как «внутренняя структура». Чтобы углубить понимание различий между понятиями паттерна в информатике и в семиологии графики Ж. Бертена, в монографии В. С. Чабанюка [11] визуальная переменная *pattern* переведена на украинский язык как «візерунок» (по-русски – «узор»).

Из приведенного экскурса следует иерархия каркас – паттерн – шаблон. Каркасы используются для обозначения сложных элементов (таких как системы), а шаблоны – простых (например, шаблон стартовой страницы веб-приложения). Паттерн является наиболее общим понятием, однако при наличии уточняющего слова, как в термине «паттерн проектирования», он помещается по смыслу между каркасом и шаблоном. Мы придерживаемся описанного выше понимания терминов «каркас», «паттерн» и «шаблон» в информатике, поскольку о бумажной картографии в современной практической деятельности рано или поздно придется забыть. Обширный обзор проблематики паттернов представлен в [11, гл. 10].

Один из главных практических результатов группы Р. Рота изложен в диссертации Р. Донахью [18], в гл. 5 «Библиотека паттернов веб-картографирования», несмотря на то что в ней речь идет только о прототипе библиотеки (см. таблицу, за исключением столбца «ЭлНАУ»). Р. Донахью выделил картографическую интерактивность в отдельный столбец. Предполагается, что каждая из операций интерактивности применяется пользователем к одному или более слоям, которые представляют карту. Мы добавили столбец под названием «ЭлНАУ», в который помещены значки операций из электронной версии Национального атласа Украины [19] (далее – ЭлНАУ), соответствующие операциям столбца «интерактивность» из диссертации Р. Донахью [18].

Пример описания паттерна проектирования «извлечение» приведен в диссертации Р. Донахью [18]. «Паттернизация» операций картографической интерактивности очень важна для общего представления об этом явлении, поскольку понятие «паттерн» предполагает многократное повторение той или иной операции в аналогичных контекстах. Несмотря на то что тираж Национального атласа Украины был выпущен в предыдущем десятилетии (в 2007 г.), наблюдается значительное совпадение операций интерактивности в двух независимых источниках – диссертации Р. Донахью и ЭлНАУ. Для подтверждения этого наблюдения дадим комментарии относительно некоторых обозначений из столбца «ЭлНАУ» в таблице:

²Оригинал на английском языке опубликован в 1995 г.

-  – «Управление слоями» (подпись кнопки). Включение/выключение слоя изменяет итоговый оверлей. Операция «переключение» (*toggle*) была реализована для всех кнопок. Так, вышеназванная кнопка в нажатом состоянии выглядит как .
-  – «Поиск». При помощи этой операции можно задать произвольный фильтр для информации карты. Кроме того, были реализованы предопределенные фильтры. Например, нажав правую кнопку мыши на интересующей карте, можно было выбрать предопределенный масштаб, и информация на отображаемой карте будет отфильтрована в зависимости от масштаба;
-  – «Карта целиком». При выполнении этой операции осуществляется заданное разработчиком упорядочивание отображаемой информации для случая показа всей карты полностью. Такие же действия были реализованы для предопределенных правой кнопкой мыши масштабов;
-  – «Навигатор». Однако это не совсем операция «повторно выразить» (*reexpress*). Тогда чем является «Навигатор»?;
- – + означает, что в ЭлНАУ кнопки «Последовательность» нет, но можно посмотреть последовательность карт при фиксированных параметрах отображения. Для этого надо поочередно щелкать по картам из дерева содержания;
- + предполагает, что в ЭлНАУ кнопки «Ресимволизация» нет, но при увеличении определенных карт появляются символы, обозначающие другие слои. Например, как в карте «Прямые иностранные инвестиции» на увеличениях 1453,11 и 726,55 км;
- – означает, что в ЭлНАУ нет ни кнопки, ни операции «репроектирование».

Навигационное меню прототипа библиотеки паттернов веб-картографирования
The navigation menu of the prototype web mapping pattern library

Разделы паттернов проектирования				ЭлНАУ
начало работы	данные	представление	интерактивность	
шаблонный код	загрузка данных	тайловая базовая карта	перемещение	
шаблон страницы	сохранение	векторная базовая карта	зум (уменьшение, увеличение)	 
	экспорт	хороплета	извлечение	
	элементы карты	пропорциональный символ	оверлей/переключение	
	картографическая	плотность точек	фильтр	
	сетка	изолиния/поверхность	упорядочивание	
	легенда	поток	повторно выразить	
		картограмма	последовательность	– +
		бивариантное/	ресимволизация	+
		многовариантное	(повторная символизация)	
		анимация	репроектирование	–
		график/диаграмма	(повторное проектирование)	
			поиск	
			вычисление	

Примечание. Составлено по [18, р. 124], с дополнением авторов.

При анализе таблицы следует учитывать довольно много обстоятельств, благодаря которым определен именно такой ее вид. Логично считать, что Р. Донахью, как аспирант Р. Рота, должен был учесть в таблице результаты рис. 1. Однако нахождение возможного соответствия между теорией и практикой является непростой задачей. Более того, эта задача не всегда имеет решение. Прежде всего из-за ограничений, которые следуют из определения картографии и карты. Так, Р. Рот анализировал явление интерактивности не только в картографии, но и в смежных дисциплинах, таких как графика. Р. Донахью, скорее всего, придерживался классического, используемого МКА определения картографии и карты, согласно которому **картография** понимается как «дисциплина, занимающаяся искусством, наукой и техникой создания и использования карт»³. Соответственно **карта** – «символизированное представление географической реальности, представляющее отдельные функции или характеристики, созданное в результате творческих усилий автора при выборе вариантов и предназначенное для получения первичной пространственной информации»⁴.

³International Cartographic Association [Electronic resource]. URL: <https://icaci.org/mission/> (date of access: 22.02.2019) (здесь и далее перевод наш. – В. Ч., Л. Р.).

⁴Там же.

Несмотря на очевидный интерес научного картографического сообщества к теме интерактивности, который материализован в большом количестве трудов, на практике все равно возникает множество вопросов, недостаточно ясно определенных в научной литературе. Главный из них: «Какие научно обоснованные операции интерактивности реализовывать в проектах конкретных (геоинформационных) систем?» Поскольку данный вопрос выглядит весьма сложным, упростим его: «Какую интерактивность реализовывать в АтС?» Если и этот вопрос кажется сложным, можем упростить его еще больше: «Какую интерактивность реализовывать в АтИС национального уровня (например, в национальных атласах)?»

В данной работе рассматриваются примеры конструкторов картографической интерактивности, которые, с одной стороны, указывают направление теоретических исследований, а с другой – применяются на практике уже сейчас. Тем самым предлагается подход к картографической интерактивности, который обеспечивает тесное соответствие между теорией и практикой и позволяет строго согласовать все три *O* ее таксономии: задачи (*objectives* – первое *O*), операторы (*operators* – второе *O*) и операнды (*operands* – третье *O*). Описанный подход хорошо реализуется на практике. Более того, авторы убеждены, что именно его нужно применять при создании современных интерактивных АтС.

Методология исследования

Методология исследования базируется на применении метода концептуальных каркасов (далее – КоКа) реляционной картографии [11], детализированного для АтС. Первый КоКа АтС получен в статье [20] на примере ЭлНАУ в ходе познавательных рассуждений, направленных на поиск правдоподобных объяснительных гипотез (они называются абдуктивными рассуждениями). При этом мы внесли несколько принципиальных изменений в представления об атласной картографии (ссылки на все использованные ниже определения могут быть найдены в монографии [11]).

1. АтС, такая как, например, электронный результат проекта Национального атласа Украины, состоит не только из продукта конечного пользователя – ЭлНАУ на DVD (часть расширенного ЭлНАУ, записанная на оптический носитель DVD). В расширенный ЭлНАУ входит также атласная инфраструктура ЭлНАУ – комплекс взаимосвязанных обслуживающих структур или объектов, составляющих и обеспечивающих основу для решения задач создания, поддержания работоспособности и обновления различных атласов фазы использования (как пример – ЭлНАУ на DVD). В информатике объединение ЭлНАУ на DVD и атласной инфраструктуры ЭлНАУ называется информационной системой в широком понимании (ИСш), под которой подразумевается совокупность всех формальных и неформальных представлений данных, а также действий с ними в организации, включая ассоциированный взаимообмен первого и второго (как внутренний, так и с внешним миром). Иными словами, в [20] мы исследовали ЭлНАУ как пример ИСш (точнее – АтСш).

2. Определения картографии от МКА (см. выше) недостаточно, поскольку при создании АтС помимо карт нам приходится иметь дело с картографическими отношениями и системами. Поэтому нужно пользоваться определением системной картографии, которое введено в монографии [11]: **системная картография** – согласованные и несогласованные искусства, науки и технологии изготовления и использования карт, картографических отношений и картографических систем.

3. В проектах так называемой франко-немецкой чернбыльской инициативы в 1998–2003 гг. [11, гл. 3] наряду с понятием ИСш употреблялось понятие слабой интеграции элементов ИСш. На практике слабая интеграция была реализована при помощи портового программного решения *TripleNet*. Проще говоря, минимально допустимым отношением слабой интеграции была простая HTML-ссылка между двумя элементами систем. Иными словами, хотя бы эта ссылка должна быть обязательно. За прошедшие годы слабая интеграция эволюционировала в различные формы сильной интеграции. В настоящее время наиболее популярные отношения интеграции строятся на стандарте RDF (*resource description framework*) консорциума W3C⁵.

Здесь мы выделяем два основных понятия КоКа АтС – страты (эшелоны) и формации. В специфическом трехмерном пространстве всех возможных АтСш это два из трех измерений. Благодаря включению страт в итоговую расширенную систему элементов обычная АтС конечного пользователя превращается в расширенную – АтСш. Термин «страта» совпадает с термином «эшелон», если речь идет об организационной системе (чаще всего – виртуальной), в которой используется АтСш. Эта организационная система состоит из находящихся в определенной иерархии эшелонов пользователей.

В КоКа каждой обычной АтС обязательно существуют организованные в иерархию страты (снизу вверх): операционная, аппликационная, концептуальная (понятийная), общая. Операционной страте соответствует операционный эшелон, который включает в себя конечных пользователей АтС в узком

⁵W3C. Semantic Web [Electronic resource]. URL: <https://www.w3.org/RDF/> (date of access: 26.02.2019).

понимании (АтСу) или обычной АтС. Пример АтСу – ЭлНАУ на DVD. Аппликационной страте соответствует аппликационный эшелон, в который входят разработчики АтСу. Примером одной из многих систем этой стратегии (эшелона) является система ЭлНАУ_Edited. Она так названа, поскольку содержит в себе редактируемые элементы, которые преобразуются в не редактируемые элементы ЭлНАУ на DVD. Концептуальной стратегии соответствует инфраструктурный эшелон, включающий не только разработчиков систем инфраструктурного эшелона, но и пользователей АтСу, таких как менеджеры и архитекторы. Общая стратегия соответствует общему эшелону и включает в себя преподавателей и ученых, которые работают в домене АтС.

Формации АтС увязаны с эпохами развития веба: *веб 1.0*, *веб 1.0²*, *веб 2.0*, *веб 3.0* и т. д. Формация *веб 1.0²* используется для классификации АтС, которые находятся между *веб 1.0* и *веб 2.0*. Она еще называется формацией АтС классического динамического типа. Именно такие АтС разрабатываются в текущем десятилетии. АтС формаций *веб 3.0* и далее еще не создаются, поэтому в работе речь идет об АтС формаций *веб 1.0*, *веб 1.0²* и *веб 2.0*.

Примеры интерактивности аппликационной стратегии

Используем пример картографической интерактивности из проекта ЭлНАУ для простейшего вида тематической карты – хороплетной. Эта интерактивность – следствие рассмотрения понятий аппликационной стратегии. В ЭлНАУ на DVD метод классификации хороплеты зафиксирован – практически для всех карт он является авторским. Вместе с тем в ЭлНАУ_Edited каждая хороплетная карта представляется в соответствующих форматах и обрабатывается в *MapInfo Professional*, где классификация этой карты может выполняться с использованием не только авторского, но и следующих методов: 1) равного количества записей; 2) равного разброса записей; 3) естественных групп; 4) стандартного отклонения; 5) квантилей. При этом довольно очевидным является вопрос относительно принадлежности методов классификации хороплеты к картографической интерактивности.

Разработчики-картографы АтС считают, что конечному пользователю эту функциональность нельзя предоставлять, поскольку он не имеет нужного образования и поэтому не сможет построить правильную, с их точки зрения, карту. Разработчики-программисты АтС полагают, что эту функциональность конечному пользователю можно и предоставить. Но основная проблема в том, что мнение ни первых, ни вторых не является определяющим.

Между элементами операционной и аппликационной стратегий АтС при фиксированном значении формации всегда существуют отношения $(X, O, \Phi 1) \uparrow (X, A, \Phi 1)$, где $X = D, I, P$ (D – даталогия, I – инфология, P – потребление (или органонологика)); O – операционная стратегия; A – аппликационная стратегия; $\Phi 1$ – формация *веб 1.0*. Полуужирное начертание обозначений O и A указывает на акценты этого раздела. Для объяснения понятия отношений, о которых идет речь, воспользуемся общеизвестной схемой «Коммуникация картографической информации» из работы [21]. На рис. 2 изменения оригинальной схемы выделены цветом. Обозначение U (*universe*) из [21] заменено на D (действительность).

Приведено описание рис. 2 с учетом информации из статьи А. Колячного [21]: D_1 – действительность (в оригинале – вселенная) в представлении автора (в оригинале – картографа); YA – картографический язык, которым пользуется автор на аппликационной стратегии; YO – картографический язык, которым пользуется читатель на операционной стратегии (в оригинале: Y – картографический язык как система символов карты и правила их использования); C_1 – субъект, который представляет себе действительность (автор-картограф); K – продукция картографии (карта); D, I, D, I – соответствующие концептуальному каркасу квадранты карты K , которые символически созданы двусторонними стрелками; C_2 – субъект, который потребляет карту (читатель, в оригинале – пользователь); D_2 – действительность (вселенная) в представлении читателя (пользователя) карты. Создание и передача картографической информации является сложным процессом деятельности и включает несколько операций с цепочками обратной связи на разных уровнях [21]. Динамика этого процесса упрощена до семи основных стадий на рис. 2. Стадии 1–4 представляют создание карты, а стадии 5–7 – ее потребление (использование).

Мы не стали усложнять рис. 2. Однако очевидно, что как C_1 , так и C_2 могут иметь материализацию, и ее надо бы показать. В случае поддерживаемых на протяжении длительного времени АтС эта материализация является обязательной. Так, в случае ЭлНАУ C_1 материализуется редактируемым вариантом карты K в форматах *MapInfo Professional*. В случае хороплеты этот вариант карты K может определяться множеством допустимых методов классификации. Могут изменяться сами данные, дата актуальности данных и т. п. Материализация C_2 также отличается от самой карты K . Дело в том, что А. Колячный [21] работал с аналоговыми (бумажными) картографическими произведениями. В случае электронных карт следует различать их представление и интерактивность. Интерактивность связана с разумом читателя карты. Для нас это уровень P (потребление), в котором необразованный читатель может и не знать, как

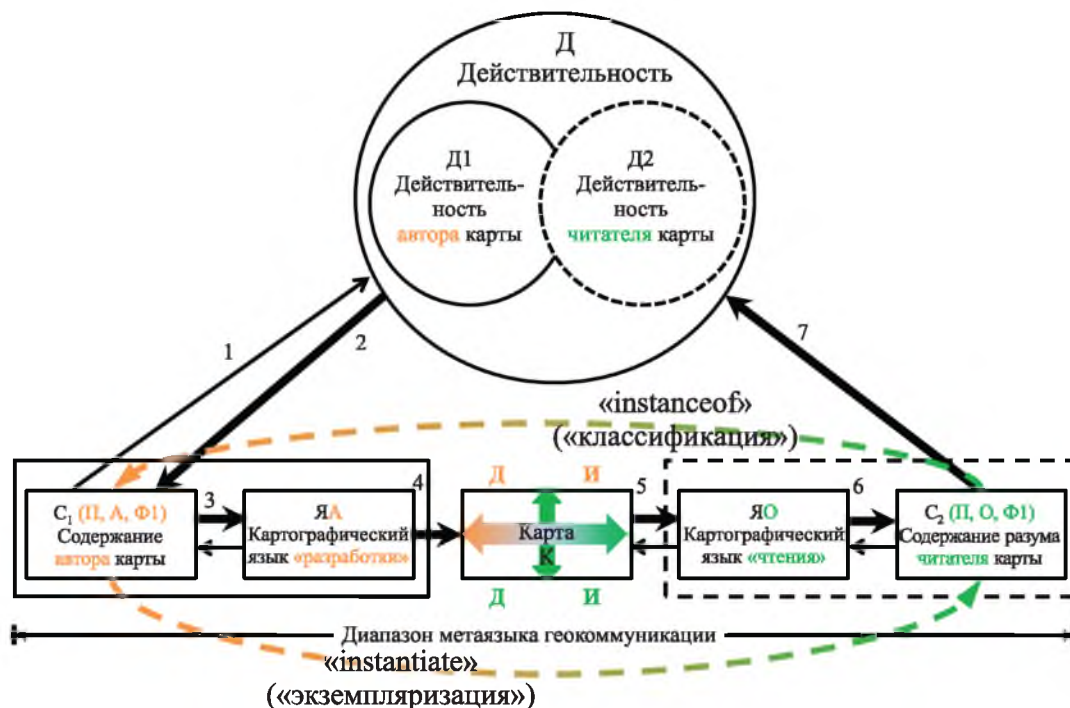


Рис. 2. Коммуникация картографической информации [21] с точки зрения реляционной картографии [11]

Fig. 2. Communication of cartographic information [21] in terms of relational cartography [11]

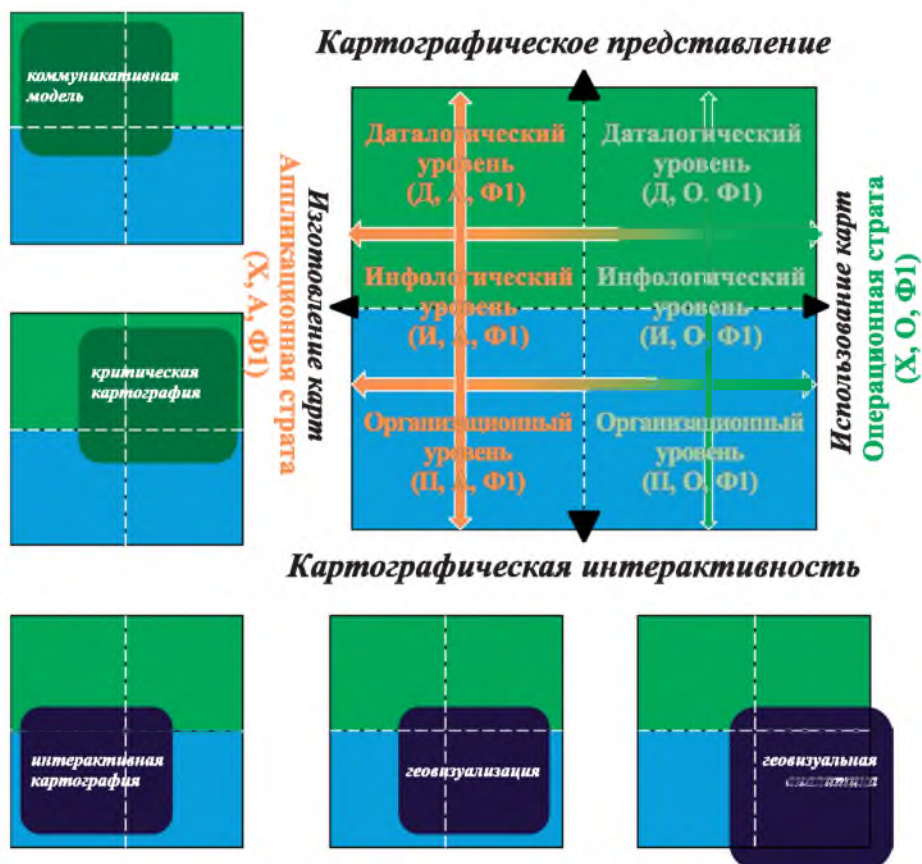


Рис. 3. Перспектива роста, дополненная элементами операционной и аппликационной страт (разработано авторами на основе [4, fig. 1.4a])

Fig. 3. Growth perspective, supplemented by elements of the operational and application strata (developed by authors on the basis of [4, fig. 1.4a])

использовать интерактивность. От этого она никуда не исчезает, но в мозгу необразованного читателя ее нет. В конечном счете мы имеем отношение между классом и экземпляром «допустимых» хороплетных карт, что показано на рис. 2 отношениями классификации и экземплярзации.

Заметим, что схема А. Колячного [21] представляет коммуникативную парадигму классической картографии. Аналогичное рис. 2 совмещение выполнено для других парадигм. На рис. 3 нижняя часть КоКа наложена на основной прямоугольник перспективы роста [4, fig. 1.4a]. Добавленные элементы выделены оранжевым и зеленым цветом.

Примеры интерактивности понятийной страты

В создаваемые в текущем десятилетии АтС мы были вынуждены добавлять операцию «репроектирование» и предоставлять конечному пользователю интерфейс для ее использования. Это произошло из-за того, что помимо базовых карт собственного производства нам пришлось применять базовые карты *OpenStreetMap (OSM)*, *Google Maps* и др. Как известно, эти базовые карты соответствуют глобальной системе координат WGS 84. Отечественные карты все еще изготавливаются в локальных системах координат. Поэтому и понадобилось репроектирование.

Сразу заметим, что реализация репроектирования в случае современных атласных решений не просто добавление еще одной операции интерактивности: репроектирование является одной из реализаций процедуры замены, которая определяется следующим образом [22, с. 544]:

$$MX = (W, X, r),$$

где MX – метасистема X , $X \in X$; W – параметрическое множество всех систем, составляющих метасистему; X – произвольное множество систем, чьи параметрические множества есть подмножества W ; r – процедура замены, которая должна реализовывать определенную функцию замены $r: W \rightarrow X$. Пример параметрического множества W описан в работе [23] для системы атласных базовых карт эпохи (формации) *веб 2.0*. Там W формируется из таких параметров, как пространство, время и группа.

В описанной ситуации мы имеем дело с базовой картой как с элементом гео- и картоплатформы, например *OSM*. При этом нужная нам часть *OSM* – элемент инфраструктурного эшелона некоторой современной АтСш. Поскольку *OSM* не является собственной подсистемой АтСш, можно говорить о том, что АтСш выступает системой нескольких систем, в которых интеграция может осуществляться динамически. Имеется в виду, что атласное решение должно быть готово к тому, что владелец платформы сделает изменения, которые повлияют на работоспособность других элементов решения. В данном случае нерабочее отношение надо будет изменить на рабочее.

В этом месте нам понадобится понятие модели, которое в общем виде трактуется как упрощение системы, построенное с учетом предполагаемой цели. Модель должна предоставлять возможность отвечать на вопросы вместо фактической системы [24]. В соответствии с этим каждая конкретная карта выступает моделью некоторой пространственной системы действительности. Картографические модели – это элементы множества допустимых картографических текстов, которые определяются соответствующим языком карты. Отсюда следует, что язык карты является языком моделирования карт. Затронутые здесь темы имеют решающее значение как для атласной картографии, так и для картографии в целом. Однако ограниченность объема статьи не позволяет изложить их детально, поэтому отсылаем заинтересованного читателя к монографии [11].

Среди возможных картографических моделей мы имеем дело с картами, которые реализуются при помощи информационных технологий. Такие модели тоже называются системами, но только информационными. В определенном смысле понятия модели и системы взаимозаменяемы. Однако мы придерживаемся введенного выше определения модели, чтобы обратить внимание на еще один вид интерактивности, который существует между элементами концептуальной и аппликационной страт. Вышеуказанные метасистемы являются элементами концептуальной страты, а составляющие их системы – аппликационной. Для них мы можем указать на такой вид интерактивности, как изменение моделей.

Вместо словесного описания изменения моделей приведем графические примеры. Для этого найдем в дереве содержания ЭлНАУ карту «Сельские поселения» (ее номер 4036) и покажем хороплетный слой «Плотность сельского населения» (рис. 4). Для этого отключим дерево содержания, визуализируем карту целиком (кнопка ) , отобразим легенду (кнопка ) , в «Управлении слоями» (кнопка ) включим нужный набор слоев. Значения других кнопок описаны выше.

Эта же карта с использованием современного программного решения на базовой карте *OSM* показана на рис. 5.

Наконец, на рис. 6 представлены результаты замены модели хороплеты на модель тримапы (*treemap*). Тримапа (карта (*map*) по-украински – «мапа», поэтому и «тримапа») была введена в работе Б. Шнейдермана [25] для визуализации больших иерархически организованных структур данных. Она

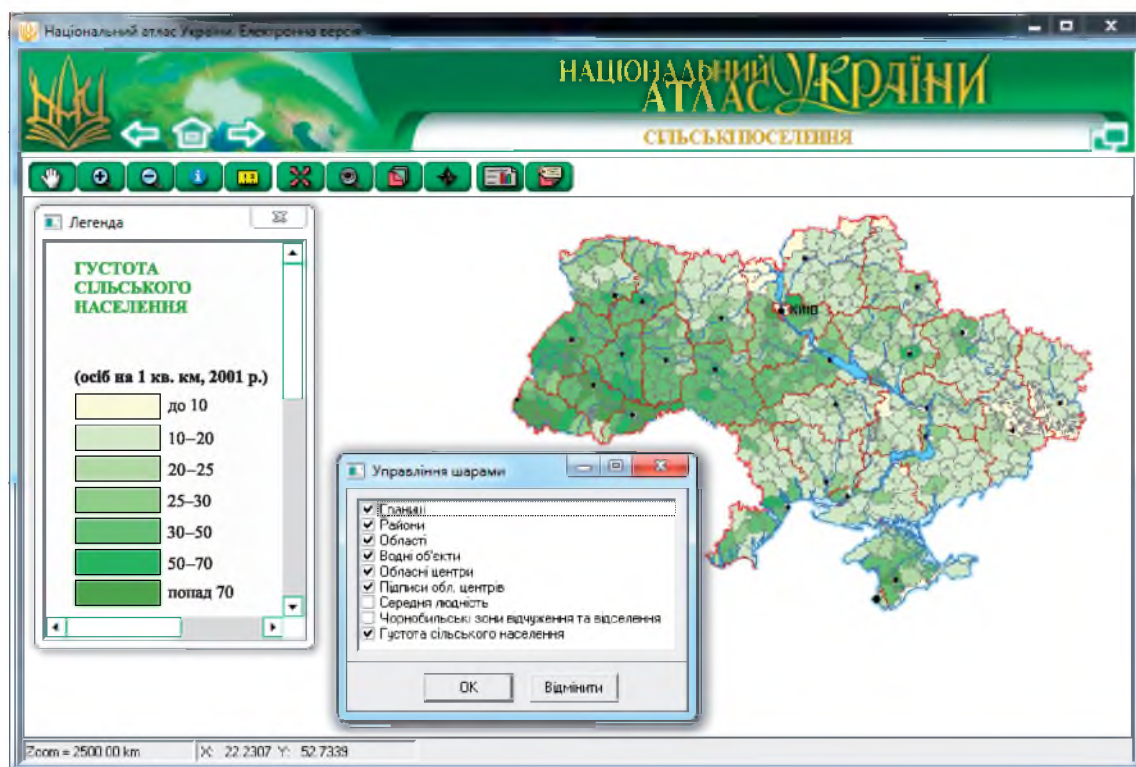


Рис. 4. Слой «Плотность сельского населения» карты «Сельские поселения» ЭлНАУ 2007

Fig. 4. Layer «Density of the rural population» of the map «Rural settlements» of EINAU 2007

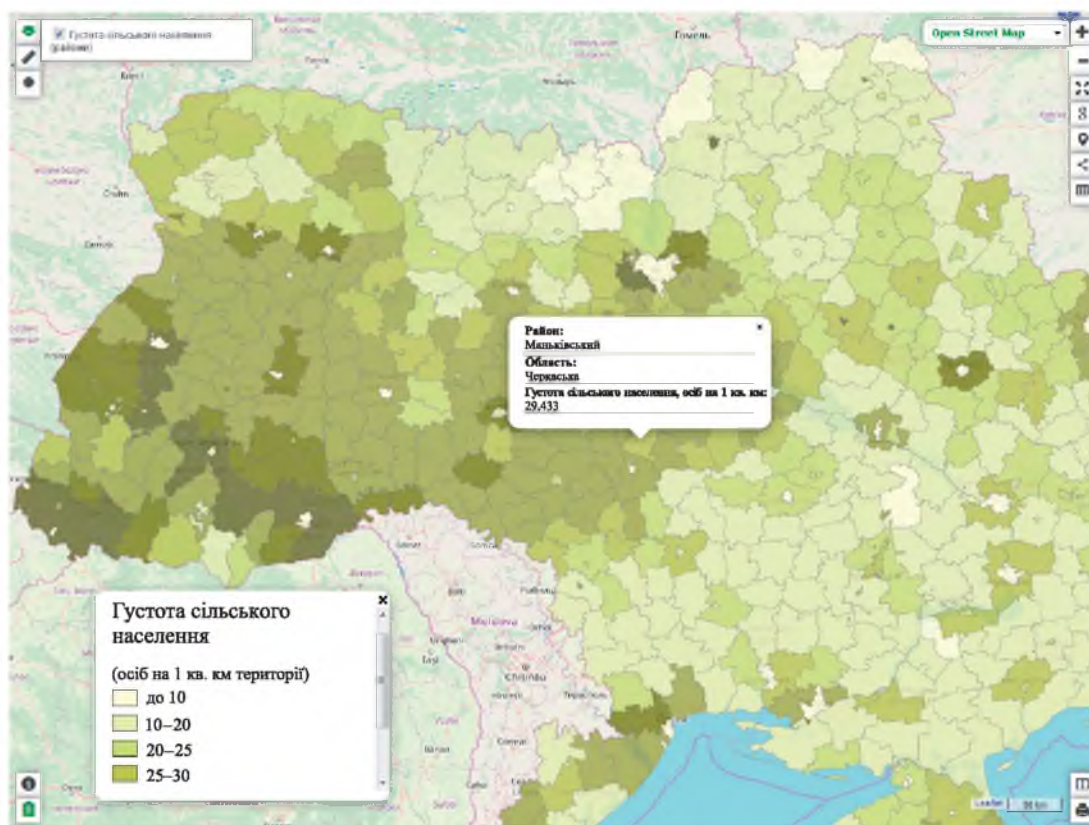


Рис. 5. Хороплетная карта «Плотность сельского населения» после репроектирования (легенда незначительно изменена)

Fig. 5. Choropleth map «Density of the rural population» after reproject (legend slightly modified)

отображает иерархические данные как набор вложенных прямоугольников. Это плоская таблица, которая наглядно показывает соотношение частей целого. Размер и цвет каждой ячейки в приведенном примере тримапы определяются числовым показателем: чем больше его значение, тем больше и темнее ячейка плоской таблицы. Интересно, что тримапа на рис. 6 не противоречит приведенному выше определению карты от МКА.

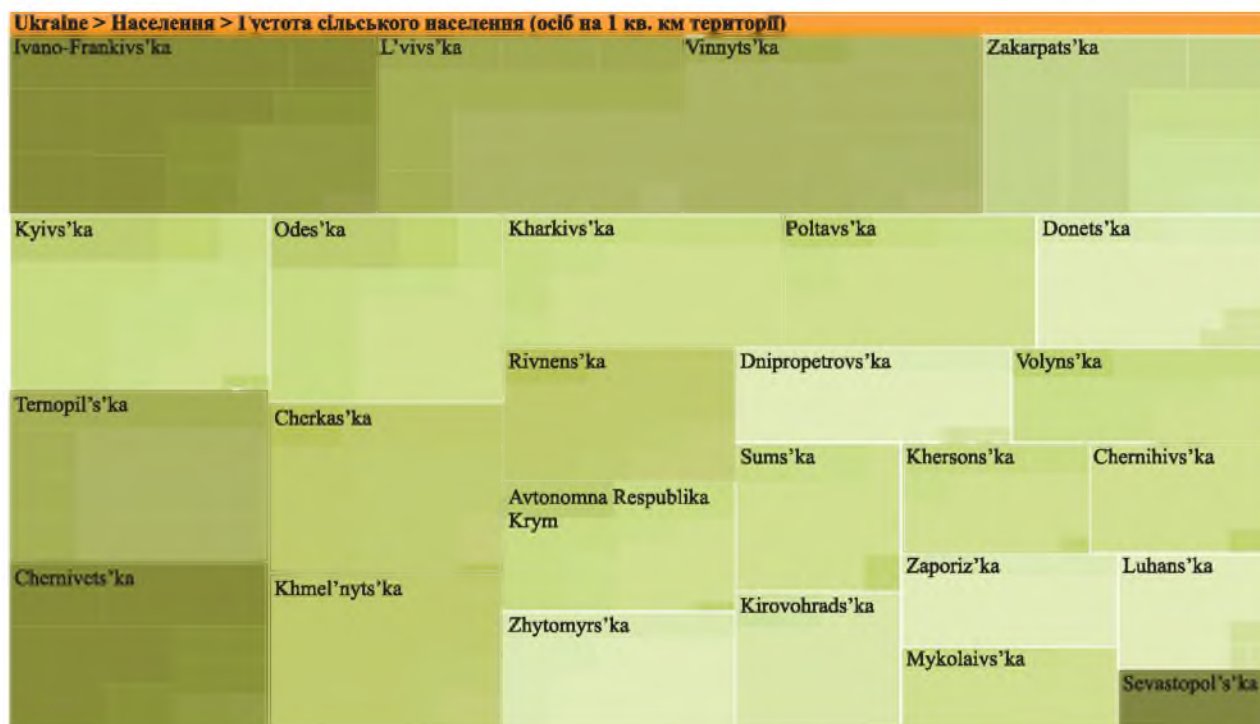


Рис. 6. Карта «Плотность сельского населения» после замены модели хороплеты на модель тримапы
Fig. 6. Map «Density of the rural population» after replacing the choropleth model with the treemap model

Современные программные решения

Анализируя современные программные решения для реализации интерактивности в АтС, не стоит основываться только на их технологических достоинствах и недостатках. Для логически объяснимого выбора программной технологии можно воспользоваться КоКа АтС. Напомним, что при фиксированной формации в каждой страте КоКа АтС выделяются три уровня (контекста): даталогический (технологический), инфологический (языковой) и организационный (потребления или использования) [11].

Если принимать во внимание только технологический контекст, то можно утверждать следующее. В формации *веб 1.0* отношения между элементами двух соседних страт были неавтоматизируемыми, поэтому главной признавалась программная технология реализации элементов операционной страты или же клиентских приложений. В атласах нашего производства в прошлом десятилетии это был документ в формате HTML4, который визуализировался браузером *Internet Explorer*. Для отображения карты применялся встроенный в HTML-страницу картографический объект *ActiveX*. Это был объект собственного производства, который получал управление во время активации и в ответ на действия пользователя возвращал ему результаты использования интерактивных операций, реализованных в интерфейсе пользователя (см. рис. 4). Вся технологическая цепочка была ориентирована на продукцию корпорации *MapInfo*.

Другим путем пошло НПП «Картография»⁶ при изготовлении и выпуске серии учебных атласов. Как и проект ЭлНАУ, этот проект существует длительное время. Однако его основным отличием от ЭлНАУ было использование плагина *Adobe Flash* и стоящей за ним технологии. Этот плагин приблизительно десять лет назад обязательно применялся практически в любом браузере. Одно время даже казалось, что для клиентских приложений (или элементов операционной страты) нет альтернативы так называемым *rich internet applications (RIA)*, среди которых наиболее популярным был *Adobe Flex* (ныне – *Apache Flex*). Получаемая в результате технологическая цепочка, в том числе благодаря другим продуктам *Adobe* (например, *Illustrator*), была очень привлекательной для построения атласов.

⁶Картография [Электронный ресурс]. URL: <https://kartographia.com.ua/> (дата обращения: 28.03.2019).

Есть, правда, ограничение, которое зависит от основной используемой парадигмы картографии. Согласно [26] в каждой из парадигм карта понимается по-разному: 1) изображение (коммуникативная и когнитивная парадигмы); 2) модель или средство вычислений (аналитическая парадигма); 3) замысел, намерение или социальная конструкция (критическая парадигма). Мы считаем, что коммуникативная и когнитивная парадигмы ближе всего к инфологическому уровню, аналитическая – к даталогическому, а критическая – к организационному. «Ближе всего» означает, что вопросы той или иной парадигмы следует рассматривать прежде всего в соответствующем уровне.

В ЭлНАУ на DVD 2007/2010 тоже пришлось использовать плагин *Adobe Flash*. Более того, три из пяти основных тематических блоков карт ЭлНАУ на DVD 2007/2010 были представлены в формате .SWF и изготавливались в НПП «Картография». Благодаря теории реляционной картографии [11] теперь мы понимаем, что в ЭлНАУ произошло изменение картографической парадигмы. Дело в том, что первый конечный продукт проекта Национального атласа Украины – ЭлНАУ на CD 2000 [27] – соответствовал аналитической парадигме. Это утверждение следует из того, что при создании ЭлНАУ 2000 кибернетики и программисты очень плотно взаимодействовали с географами и картографами. По сути, первые были сторонниками аналитической парадигмы, вторые – коммуникативной и когнитивной. Несмотря на попытки географов и картографов внедрить изображения карт без надлежащих данных, можем констатировать, что все карты ЭлНАУ на CD 2000 имеют аналитическую часть и что все они представлены в векторных форматах известной разработчику структуры. После 2000 г. было создано несколько атласов в аналитической парадигме. Однако при подготовке полной версии Национального атласа Украины в 2007 г. было решено первым разрабатывать бумажный вариант. Поэтому ЭлНАУ на DVD 2007 создавался как его электронный образ. Не стоит особо объяснять, что при разработке бумажной версии атласа основное внимание уделялось карте как изображению. А в то время для «рисования» карт больше всего были приспособлены продукты *Adobe*.

Однако 17 декабря 2012 г. консорциум W3C объявил о завершении работ над стандартом HTML5 и присвоении ему статуса *Candidate Recommendation*. Это событие стало определяющим для развития веба. Технологии *RIA* начали терять свои позиции. На замену им, сперва для возобновления функциональности технологий *RIA*, возникло большое количество библиотек и фреймворков *JavaScript*. Теперь вместо «чужих» активных объектов или плагинов в браузер встраиваются «родные» библиотеки на *JavaScript*. Практически обязательной стала библиотека *jQuery*. В картографии большое распространение получила библиотека *Leaflet*. Для графики (и картографии) стала повсеместно использоваться библиотека *D3*. Картографическая интерактивность переключалась в эти специализированные библиотеки *JavaScript*. Следует признать, что технология на базе HTML5, включающая CSS3 и соответствующую версию *JavaScript* с нужными библиотеками, практически полностью повторила интерактивную атласную картографию предыдущего десятилетия.

Со временем средства для решений презентационного (клиентского) программного слоя дополнились средствами для решений других слоев (делового, данных и т. п.). Сформировались целые стеки технологий. Самыми востребованными для нас являются стеки *MERN* (*MongoDB*, *Express*, *React*, *Node*) или *MEAN* (*React* заменен на *Angular*). Начало предыдущего абзаца отражает нашу точку зрения на используемые для АтС программные технологии: монополия как *Microsoft*, так и *Adobe* нас не устраивает. Мы могли бы много рассуждать на данную тему, поскольку прошли описанный путь на практике, однако объем статьи не позволяет этого сделать.

Обращаем внимание, что в стеках *MEAN/MERN* появились средства для работы на сервере: *MongoDB*, *Express*, *Node*. Причем все они базируются на *JavaScript*. По-видимому, впервые при развитии информационных технологий удалось добиться такой гармонизации программных решений между клиентской и серверной частями. Однако в практических условиях все равно приходится учитывать некоторые важные аспекты.

1. Наиболее характерной особенностью АтС формации веб 2.0 является использование существующих на момент создания национальных и международных гео- и картоплатформ или же инфраструктур пространственных данных, которые тоже должны быть платформами. При этом все они состоялись в прошлом десятилетии. И если с модернизацией средств доступа из-за стандартизации HTML5 эти платформы справились, то с хранением данных ситуация совсем иная. Так, в *OSM* основной СУБД является реляционная *PostgreSQL/PostGIS*, что отличается от объектной *MongoDB*. С *PostgreSQL* через *API* работает несколько редакторов карт. Кроме группы редактирования, *OSM* выделяет еще четыре группы программ⁷.

2. Не менее важной особенностью АтС формации веб 2.0 является многообразие паттернов программных архитектур, с которыми приходится работать. Согласимся с М. Ричардсом [28], которым выделены

⁷Заинтересованные читатели могут получить дополнительные сведения об этих группах по ссылке: https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Component_overview (дата обращения: 26.02.2019).

пять таких архитектур: 1) послойная (*layered*); 2) управляемая событиями (*event-driven*); 3) микроядерная (*microkernel*); 4) микросервисная (*microservices*); 5) пространственно-базированная (*space-based*), известная также как облачная (*cloud*).

Заключение

Мы предлагаем выводы, которые не являются прямым следствием изложенного материала. Однако фактов, представленных в работе и в приведенных в ней ссылках, достаточно, чтобы заинтересованный читатель смог убедиться в правильности сформулированных выводов для современных атласных программных решений.

1. Картографическая интерактивность не может рассматриваться применительно к какой-то одной, ориентированной на одну группу пользователей статической карте. Наоборот, необходимо изучать интерактивность для нескольких карт, упорядоченных с учетом имеющихся знаний. При этом минимальный набор интерактивности таких карт должен включать интерактивность трех динамически изменяемых карт: операционную, аппликационную и понятийную (концептуальную) – и согласовываться с интерактивностью трех *O*, показанных Р. Ротом на рис. 1, причем не с каждым *O* в отдельности, а именно с динамически взаимодействующими всеми тремя *O*.

2. Существует необходимость применять в АтС гео- и картоплатформы от других, независимых производителей. Интерактивная картография должна обеспечить научную основу для использования таких гео- и картоплатформ как на операционной, так и на аппликационной страте АтС.

3. При производстве АтС национального уровня альтернативы паттернам нет. Понятно, что паттерны непросты для понимания и тем более реализации. Кроме того, нужны концептуальные (паттерны проектирования), аппликационные и операционные паттерны. Однако только очень крупные фирмы могут делать паттернами собственные решения, заставляя других применять их. Не очень понятно, что делать в этой ситуации производителям АтС: как правило, это небольшие коллективы разработчиков, которые не обладают ресурсами, чтобы использовать лучшие в отрасли решения, поскольку последние все время меняются, а ознакомление с ними требует затрат. Поэтому необходимо через паттерны определять тенденции, которые меняются медленнее, чем отдельные решения. Здесь должна помочь атласная интерактивная картография как наука. К сожалению, из монографии [11, гл. 2] следует, что для научно обоснованного манипулирования картами трех задействованных страт нужны языки карты для каждой из страт.

Библиографические ссылки

1. Cauvin C, Escobar F, Serradj A. *Thematic cartography. Volume 3. New approaches in thematic cartography*. London: ISTE; 2010. 291 p. Co-published by the «Wiley».
2. Kraak M-J, Ormeling F. *Cartography: visualization of geospatial data*. 3rd edition. Harlow: Prentice Hall; 2010. 198 p.
3. Humi L. Atlas information systems. In: Shekhar S, Xiong H, Zhou X, editors. *Encyclopedia of GIS*. 2nd edition. [S. l.]: Springer; 2017. p. 85–92.
4. Roth RE. *Interacting with maps: the science and practice of cartographic interaction* [dissertation]. [S. l.]: The Pennsylvania State University; 2011. 215 p.
5. Roth RE. Cartographic interaction primitives: framework and synthesis. *The Cartographic Journal*. 2012;49(4):376–395. DOI: 10.1179/1743277412Y.0000000019.
6. Roth RE. Interactive maps: what we know and what we need to know. *Journal of Spatial Information Science*. 2013;6:59–115. DOI: 10.5311/JOSIS.2013.6.105.
7. Roth RE. Interactivity and cartography: a contemporary perspective on user interface and user experience design from geospatial professionals. *Cartographica*. 2015;50(2):94–115. DOI: 10.3138/cart.50.2.2427.
8. Roth RE, Çöltekin A, Delazari L, Filho HF, Griffin A, Hall A, et al. User studies in cartography: opportunities for empirical research on interactive maps and visualizations. *International Journal of Cartography*. 2017;3(sup1):61–89. DOI: 10.1080/23729333.2017.1288534.
9. Griffin AL, Robinson AC, Roth RE. Envisioning the future of cartographic research. *International Journal of Cartography*. 2017;3(sup1):1–8. DOI: 10.1080/23729333.2017.1316466.
10. Norman DA. *The design of everyday things*. New York: Basic Books; 1988. 247 p.
11. Чабанюк ВС. *Реляційна картографія: теорія та практика* [Інтернет]. Київ: Інститут географії НАН України; 2018 [процитовано 21 лютого 2019 р.]. Доступно по: <https://figu.org.ua/uk/node/22240>.
12. Буч Г, Рамбо Дж, Джекобсон А. Язык UML. *Руководство пользователя*. Москва: ДМК; 2001. 432 с.
13. Буч Г, Рамбо Дж, Якобсон И. Язык UML. *Руководство пользователя*. Мухин Н, переводчик. 2-е издание. Москва: ДМК Пресс; 2006. 496 с.
14. Гамма Э, Хелм Р, Джонсон Р, Влиссидес Дж. *Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования*. 2-е издание. Санкт-Петербург: Питер; 2010. 368 с.
15. Peterson GN. *Cartographer's toolkit: colors, typography, patterns*. [S. l.]: PetersonGIS; 2012. 169 p.
16. Bertin J. *Semiology of graphics: diagrams, networks, maps*. Berg WJ, translator. [S. l.]: Esri Press; 2010. 438 p.
17. Берлянт АМ, Востокова АВ, Кравцова ВИ, Лурье ИК, Сваткова ТГ, Серапинас ББ. *Картоведение*. Берлянт АМ, редактор. Москва: Аспект Пресс; 2003. 477 с. (Классический университетский учебник).

18. Donohue RG. *Web cartography with web standards: teaching, learning, and using open source web mapping technologies* [dissertation]. [S. l.]: University of Wisconsin-Madison; 2014. 167 p.
19. Руденко ЛГ, Бочковська АІ, Козаченко ТІ, Пархоменко ГО, Разов ВП, Ляшенко ДО та інші. *Національний атлас України. Наукові основи створення та їх реалізація*. Руденко ЛГ, редактор. Київ: Академперіодика; 2007. 408 с.
20. Чабанюк ВС, Диплик ОП. Концептуальний каркас електронної версії Національного атласу України. *Український географічний журнал*. 2014;2:58–68. DOI: 10.15407/ugz2014.02.058.
21. Koláčny A. Cartographic information – a fundamental concept and term in modern cartography. *Cartographica*. 1977;14(1): 39–45. DOI: 10.3138/N587-4H37-2875-L16J.
22. Клар Дж. *Системология. Автоматизация решения системных задач*. Зуев МА, переводчик; Горлин АИ, редактор. Москва: Радио и связь; 1990. 544 с.
23. Chabaniuk V, Dyshlyk O. Atlas basemaps in Web 2.0 epoch. In: *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Volume XLI-B4. XXIII ISPRS Congress; 2016 July 12–19; Prague, Czech Republic*. [S. l.]: [s. n.]; 2016. p. 611–618. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLI-B4-611-2016.
24. Bézivin J, Gerbé O. Towards a precise definition of the OMG/MDA framework. In: *Proceedings of the 16th IEEE International conference on Automated Software Engineering (ASE 2001); 2001 November 26–29; Coronado Island, San Diego, CA, USA*. [S. l.]: [s. n.]; 2001. p. 273–280.
25. Shneiderman B. Tree visualization with tree-maps: 2-d space-filling approach. *ACM Transactions on Graphics*. 1992;11(1): 92–99. DOI: 10.1145/102377.115768.
26. Sui DZ, Holt JB. Visualizing and analysing public-health data using value-by-area cartograms: toward a new synthetic framework. *Cartographica*. 2008;43(1):3–20. DOI: 10.3138/carto.43.1.3.
27. Бочковська АІ, Козаченко ТІ, Палієнко ТІ, Пархоменко ГО, Разов ВП, Руденко ЛГ та інші. Електронна версія пілотного проекту «Національний атлас України». *Український географічний журнал*. 2000;1:48–61.
28. Richards M. *Software architecture patterns: understanding common architecture patterns and when to use them*. [S. l.]: O'Reilly; 2015. 46 p.

References

1. Cauvin C, Escobar F, Serradj A. *Thematic cartography. Volume 3. New approaches in thematic cartography*. London: ISTE; 2010. 291 p. Co-published by the «Wiley».
2. Kraak M-J, Ormeling F. *Cartography: visualization of geospatial data*. 3rd edition. Harlow: Prentice Hall; 2010. 198 p.
3. Humi L. Atlas information systems. In: Shekhar S, Xiong H, Zhou X, editors. *Encyclopedia of GIS*. 2nd edition. [S. l.]: Springer; 2017. p. 85–92.
4. Roth RE. *Interacting with maps: the science and practice of cartographic interaction* [dissertation]. [S. l.]: The Pennsylvania State University; 2011. 215 p.
5. Roth RE. Cartographic interaction primitives: framework and synthesis. *The Cartographic Journal*. 2012;49(4):376–395. DOI: 10.1179/1743277412Y.0000000019.
6. Roth RE. Interactive maps: what we know and what we need to know. *Journal of Spatial Information Science*. 2013;6:59–115. DOI: 10.5311/JOSIS.2013.6.105.
7. Roth RE. Interactivity and cartography: a contemporary perspective on user interface and user experience design from geospatial professionals. *Cartographica*. 2015;50(2):94–115. DOI: 10.3138/cart.50.2.2427.
8. Roth RE, Çöltekin A, Delazari L, Filho HF, Griffin A, Hall A, et al. User studies in cartography: opportunities for empirical research on interactive maps and visualizations. *International Journal of Cartography*. 2017;3(sup1):61–89. DOI: 10.1080/23729333.2017.1288534.
9. Griffin AL, Robinson AC, Roth RE. Envisioning the future of cartographic research. *International Journal of Cartography*. 2017;3(sup1):1–8. DOI: 10.1080/23729333.2017.1316466.
10. Norman DA. *The design of everyday things*. New York: Basic Books; 1988. 247 p.
11. Chabaniuk VS. *Reliacyjna kartografija: teorija ta praktyka* [Relational cartography: theory and practice] [Internet]. Kyiv: Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine; 2018 [cited 2019 February 21]. Available from: <https://figu.org.ua/uk/node/22240>. Ukrainian.
12. Booch G, Rumbaugh J, Jacobson I. *The Unified Modeling Language user guide*. [S. l.]: Addison-Wesley; 1998. 512 p. Russian edition: Booch G, Rumbaugh J, Jacobson I. *Yazyk UML. Rukovodstvo pol'zovatelya*. Moscow: DMK; 2001. 432 p.
13. Booch G, Rumbaugh J, Jacobson I. *The Unified Modeling Language user guide*. 2nd edition. [S. l.]: Addison-Wesley; 2005. 496 p. Russian edition: Booch G, Rumbaugh J, Jacobson I. *Yazyk UML. Rukovodstvo pol'zovatelya*. Mukhin N, translator. 2nd edition. Moscow: DMK Press; 2006. 496 p.
14. Gamma E, Helm R, Johnson R, Vlissides J. *Design patterns: elements of reusable object-oriented software*. [S. l.]: Addison-Wesley; 1995. 395 p. Russian edition: Gamma E, Helm R, Johnson R, Vlissides J. *Priemy ob'ektno-orientirovannogo proektirovaniya. Patterny proektirovaniya*. 2nd edition. Saint Petersburg: Piter; 2010. 368 p.
15. Peterson GN. *Cartographer's toolkit: colors, typography, patterns*. [S. l.]: PetersonGIS; 2012. 169 p.
16. Bertin J. *Semiology of graphics: diagrams, networks, maps*. Berg WJ, translator. [S. l.]: Esri Press; 2010. 438 p.
17. Berlyant AM, Vostokova AV, Kravtsova VI, Lur'e IK, Svatkova TG, Serapinas BB. *Kartovedenie* [Cartography]. Berlyant AM, editor. Moscow: Aspect Press; 2003. 477 p. (Classic university textbook). Russian.
18. Donohue RG. *Web cartography with web standards: teaching, learning, and using open source web mapping technologies* [dissertation]. [S. l.]: University of Wisconsin-Madison; 2014. 167 p.
19. Rudenko LG, Bochkov's'ka AI, Kozachenko TI, Parhomenko GO, Razov VP, Ljashenko DO, et al. *Nacional'nyj atlas Ukrainy. Naukovi osnovy stvorennja ta i'h realizacija* [National atlas of Ukraine. Scientific backgrounds of creation and their realization]. Rudenko LG, editor. Kyiv: Akademperiodyka; 2007. 408 p. Ukrainian.

20. Chabaniuk VS, Dyshlyk OP. Conceptual framework of the National Atlas of Ukraine electronic version. *Ukrai'ns'kyj geografichnyj zhurnal*. 2014;2:58–68. Ukrainian. DOI: 10.15407/ugz2014.02.058.
21. Koláčny A. Cartographic information – a fundamental concept and term in modern cartography. *Cartographica*. 1977;14(1): 39–45. DOI: 10.3138/N587-4H37-2875-L16J.
22. Klir GJ. *Architecture of systems problem solving*. New York: Plenum Press; 1985. 540 p.
Russian edition: Klir G. *Sistemologiya. Avtomatizatsiya resheniya sistemnykh zadach*. Zuev MA, translator; Gorlin AI, editor. Moscow: Radio i svyaz'; 1990. 544 p.
23. Chabaniuk V, Dyshlyk O. Atlas basemaps in Web 2.0 epoch. In: *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Volume XLI-B4. XXIII ISPRS Congress; 2016 July 12–19; Prague, Czech Republic*. [S. l.]: [s. n.]; 2016. p. 611–618. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLI-B4-611-2016.
24. Bézivin J, Gerbé O. Towards a precise definition of the OMG/MDA framework. In: *Proceedings of the 16th IEEE International conference on Automated Software Engineering (ASE 2001); 2001 November 26–29; Coronado Island, San Diego, CA, USA*. [S. l.]: [s. n.]; 2001. p. 273–280.
25. Shneiderman B. Tree visualization with tree-maps: 2-d space-filling approach. *ACM Transactions on Graphics*. 1992;11(1): 92–99. DOI: 10.1145/102377.115768.
26. Sui DZ, Holt JB. Visualizing and analysing public-health data using value-by-area cartograms: toward a new synthetic framework. *Cartographica*. 2008;43(1):3–20. DOI: 10.3138/carto.43.1.3.
27. Bochkovska AI, Kozachenko TI, Palienko VP, Parhomenko GO, Razov VP, Rudenko LG, et al. [Electronic version of the pilot project «The National Atlas of Ukraine»]. *Ukrai'ns'kyj geografichnyj zhurnal*. 2000;1:48–61. Ukrainian.
28. Richards M. *Software architecture patterns: understanding common architecture patterns and when to use them*. [S. l.]: O'Reilly; 2015. 46 p.

Статья поступила в редколлегию 12.04.2019.
Received by editorial board 12.04.2019.