

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ МНОЖЕСТВ В ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ КАРТОГРАФИИ**

*Геннадий Павлович Мартынов*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доцент кафедры высшей математики, тел. (383)343-25-77, e-mail: martynov@ssga.ru

*Людмила Константиновна Радченко*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики, тел. (383)361-06-35, e-mail: l.k.radchenko@sgugit.ru

*Елизавета Федоровна Шурыгина*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, обучающийся, тел. (996)377-93-61, e-mail: shur.liza@yandex.ru

В статье рассматривается применение математических методов, в частности теории множеств, в составлении и использовании картографических произведений. Статья содержит основы теории множеств. В ней приведены конкретные примеры, когда теория множеств используется в составлении карт и примеры – когда теория множеств работает в создании и использовании карт на примере познавательных картографических ресурсов.

**Ключевые слова:** карта, теория множеств, картография, познавательная картография.

## **APPLICATION OF THEORY OF SETS IN INFORMATIVE CARTOGRAPHY**

*Gennadiy P. Martynov*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Assoc. Prof., Department of Higher Mathematics, phone: (383)343-25-77, e-mail: martynov@ssga.ru

*Lyudmila K. Radchenko*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Assoc. Prof., Department of Cartography and Geoinformatics, phone: (383)361-06-35, e-mail: l.k.radchenko@sgugit.ru

*Elizaveta F. Shurygina*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Student, phone: (996)377-93-61, e-mail: shur.liza@yandex.ru

The article deals with the application of mathematical methods, in particular theory of sets, in the compilation and use of cartographic works. Specific examples are given when theory of sets is used in mapping, and examples when it works in creating and using cognitive cartographic resources are given.

**Key words:** map, theory of sets, cartography, informative cartography

## *Введение*

Вопросы познавательности карт всегда волновали картографов, о чем свидетельствуют многочисленные труды выдающихся ученых: Салищева К. А., Асланикашвили А. Ф. [1, 2] и т.д. Современные картографы в своих трудах тоже говорят о том, что картография – это увлекательная познавательная наука, исследующая посредством карт пространственное размещение явлений природы и общества, их связи и динамику [3–5]. Благодаря геоинформационным системам, сети Интернет, технологическому прогрессу появилось большое число картографических сервисов и служб [6], в частности в сети Интернет активно размещаются так называемые познавательные карты, например, такие как, «Карта счастья», «Карта уровня IQ», «Карта количества ученых на 1 млн. человек», «Карта популярных видов спорта», «Карта самых популярных фамилий», «Карта систем письменности», «Карта захвата мира соцсетями» [7, 8] и т.д. Это говорит о том, что в картографии начал формироваться новый раздел, назовем условно его «познавательная картография».

Из определения [9–11] понятия «карта – как математически определенное, уменьшенное, генерализованное изображение поверхности Земли, другого небесного тела или космического пространства, показывающее расположенные на них объекты в принятой системе условных знаков» ясно, что наука картография активно использует математические законы для создания картографических произведений. И можно с уверенностью сказать, что картография никак не обходится без математических методов [12], таких как построение различных шкал по статистическим данным, количественных методов [13], теории графов [14] и многих других математических методов.

Целью данной работы является выявление математических методов, в частности теории множеств, применяемых в составлении и использовании карт, на примере карт, которые можно отнести к разделу познавательных карт.

Для достижения этой цели были поставлены задачи:

- а) рассмотреть основы теории множеств;
- б) произвести операции над множествами;
- в) исследовать примеры из теории множеств в познавательной картографии.

## *Методы и материалы*

Создателем теории множеств считается немецкий математик Георг Кантор. Множество [15] – это произвольная совокупность определенных и различных объектов, мысленно объединенных в единое целое и называемых его элементами, а элементы множества – это то, из чего это множество состоит. Например, множество диагоналей многоугольника, множество условных знаков, находящихся в легенде карты, множество карт Новосибирской области, составляющих атлас и т.д.

С точки зрения составления карт проанализируем такие операции над множествами как а) объединение; б) пересечение; в) дополнение.

В процессе генерализации происходит преобразование изображения из более крупного масштаба в более мелкий. В этот момент обобщаются какие-то части, например, участков леса, находящихся на расстоянии одного сантиметра в масштабе карты. В результате генерализации промежутки между ними исчезнут и эти два участка леса соединятся в один, или, если сказать на языке множеств – объединятся. Это можно записать так:  $A \cup B = \{x, x \in A \text{ или } x \in B\}$ , где  $A$  – первый участок леса,  $B$  – второй участок леса, а  $x$  – количество деревьев на этих участках.

При составлении дорожной сети на карте, дороги могут пересекаться и образовывать перекресток. Если представить это в виде множеств, то множество  $A$  – это одна дорога со всеми дорожными знаками ПДД, которые расположены на ней, а множество  $B$  – это вторая дорога также со своими дорожными знаками ПДД. При пересечении мы получаем перекресток с дорожными знаками, которые относятся сразу к двум дорогам. Пусть  $A$  и  $B$  – две дороги,  $x$  – дорожные знаки, тогда на языке множеств получится следующее:  $A \cap B = \{x | x \in A \text{ и } x \in B\}$ .

Далее возьмем в качестве примера вычерчивание жилых кварталов. Квартал мы выделяем, допустим, оранжевой заливкой, а поверх наносим черные дома в количестве  $n$ . В результате, части оранжевого квартала образуют дополнение  $\bar{A}$ . Запись дополнения будет выглядеть так:

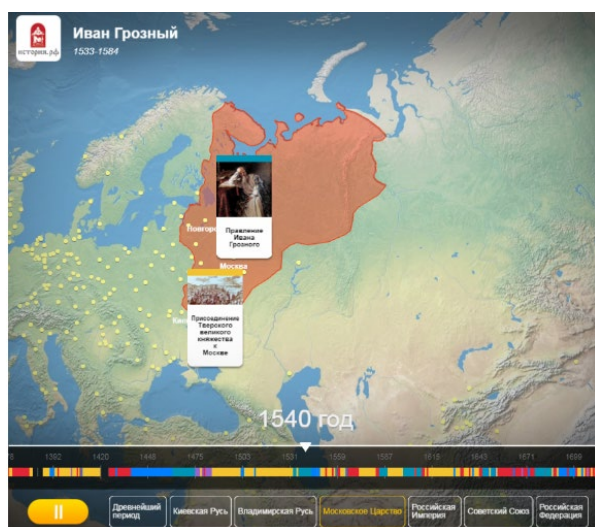
$$\bar{A} = \{x \in Z | x \neq 1; x \neq 2; x \neq 3; x \neq 4; \dots x \neq n\}.$$

С позиции использования карт: примером объединения двух множеств может служить Яндекс. Карта, а точнее ее слои. Возьмем за множество  $A$  слой «схема», а за множество  $B$  слой «спутник». Тогда объединением этих двух множеств будет слой «гибрид», где на фотографии со спутника нанесены все условные знаки со слоя «схема».

Как пример пересечения может служить выбор определенных мест на информационном ресурсе 2ГИС. Выбираем один из районов города и ищем в нем с помощью «поиска» магазины «Ярче». Нам будут предложены все магазины с таким названием, находящиеся в городе, но мы рассматриваем только те, которые находятся в нужном нам районе. Это и будет пересечением множеств. Множество районов пересекается с множеством магазинов, но лишь часть из них будет удовлетворять требованиям поиска. Если рассматривать такую операцию как дополнение, то можно вновь обратиться к карте 2 ГИС. Возьмем ситуацию, что день недели – воскресенье. Найдем с помощью поиска все отделения почты в городе Новосибирск (это будет универсальное множество  $U$ ). Зайдем во вкладку «Фильтры» и поставим условие «Время работы – открыто». Тогда 2 ГИС автоматически выдаст нам все отделения почты, которые открыты в воскресенье (множество  $A$ ). Тогда дополнением  $\bar{A}$  в этой ситуации будут отделения почты, которые не работают в воскресенье.

## Результаты и их обсуждение

С приходом в наш мир технологического прогресса, в первую очередь, дети быстро отреагировали на результаты его деятельности. Учащиеся в своей познавательно-образовательной деятельности стали широко применять различные картографические сервисы [16], позволяющие оперативно находить ответы на поставленные вопросы учителей. Особенно это стало актуально в связи с дистанционным обучением в период пандемии 2020 года. При изучении истории учащимися применяется (рис. 1) интерактивная историческая карта, которая находится на сайте [17]. Благодаря ленте времени, можно посмотреть какие события проходили в определенный временной промежуток. Эти события проклассифицированы и обозначены различными цветами.



- войны, революции;
- события культуры;
- события государственного значения;
- великие личности;
- события науки и техники;
- события, связанные с природными явлениями.

Рис. 1. Лента времени

Интерактивный атлас всемирной истории с 3000 г. до н.э., находится на сайте [18]. На карте отображаются границы государств на определенную дату, то есть в зависимости от установленной даты (устанавливается год) меняются границы существовавших государств, согласно историческим изменениям (рис. 2 и рис. 3), также отображается расселение народов, основные походы, завоевания, экспедиции. Кроме этого, есть возможность выбора оформительских приемов отображения, либо окрашивание по политической принадлежности, либо общегеографическая карта с отображением отмывки рельефа.

При изучении раздела «Краеведение», дисциплин «Окружающий мир» и «География» используется сайт [19] «Центр всемирного наследия ЮНЕСКО – интерактивные карты» (рис. 4). На сайте предлагается выбор интересующих объектов по различным критериям из множества объектов культурного наследия (рис. 5).



Рис. 2. Границы государств



Рис. 3. Расселение народов



Легенда

- |                        |                                     |
|------------------------|-------------------------------------|
| <b>Категория сайта</b> | <b>Мировое наследие в опасности</b> |
| ◆ культурный сайт      | ◆ культурный объект                 |
| ● природный сайт       | ● природный объект                  |
| ● смешанный сайт       | ● смешанный объект                  |

Рис. 4. Сайт «Центр всемирного наследия ЮНЕСКО – интерактивные карты»

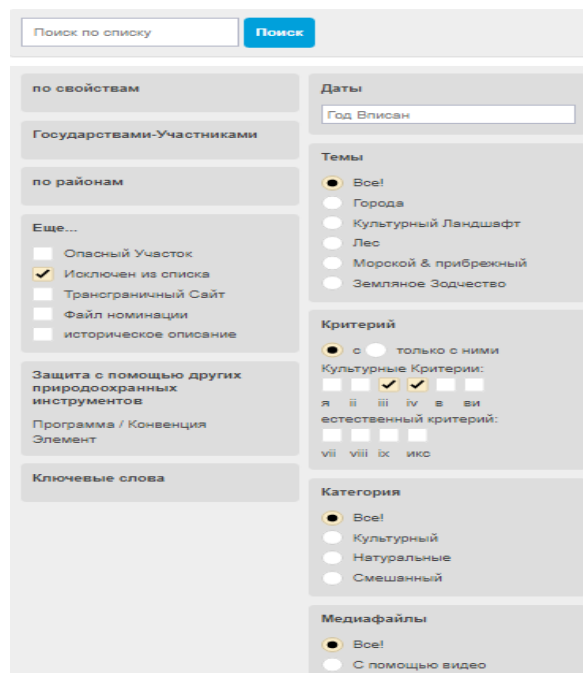


Рис. 5. Выбор критериев

Сайт [20] предлагает прогноз погоды с выбором нескольких критериев по слоям, используется при заполнении дневников погоды [21], в зависимости от необходимых показателей для внесения в дневник, можно установить нужные показатели (рис. 6).

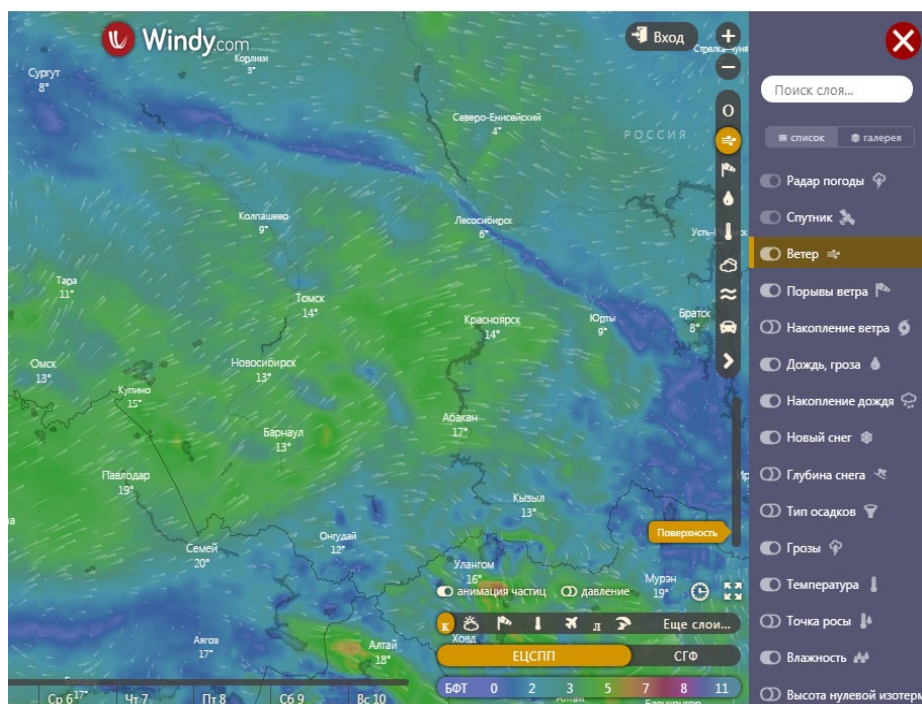


Рис. 6. Прогноз погоды

Во всех предложенных задачах происходит выбор из большого массива информации по данной тематике с помощью вводимых фильтров только интересной пользователю информации. С точки зрения теории множеств происходит пересечение большого множества по данной тематике с множеством интересов пользователя в данном направлении поиска.

В результате этого пересечения получается множество, которое обладает одновременно свойствами большого множества, и свойствами множества интересов пользователя того или иного информационного ресурса. Пользователь получает ответы на поставленные ему вопросы (например, учителем географии или истории при выполнении реферативного исследования в режиме удаленного обучения).

### *Заключение*

В заключение можно уверенно сказать, что теория множеств широко применяется в процессах создания-использования карт, в частности используется при генерализации на составительском этапе, лежит в основе алгоритмов, которые применяются при создании программных кодов ГИС-приложений, а также применяется при пространственных запросах различных пользователей. Очень ярко это проявляется в использовании картографических ресурсов, особенно в образовательно-познавательной деятельности пользователей.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. К.А. Салищев, Картография. – 3-е изд. – М.: Высш. Школа, 1982.– 272 с.
2. А.Ф. Асланикашвили, Метакартография. Основные проблемы. – Тбилиси: Мицниереба, 1974. – 152 с.
3. А.М. Берлянт, Образ пространства: карта и информация. – М.: Мысль, 1986. – 238 с.
4. Современная картография это прежде всего познавательная наука. [Электронный ресурс]. URL: <https://vestniknews.ru>.
5. Комиссарова, Т. С. Картография: учеб. / Т. С. Комиссарова, Д. В. Петров (раздел С). – 2-е изд., доп., и перераб. – СПб.: ЛГУ им. А.С. Пушкина, 2010. – 212 с.
6. Лисицкий Д. В. Перспективы развития картографии: от системы «Цифровая земля» к системе виртуальной геореальности // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22). – С. 8–16.
7. Самая большая карта мира со стирающим слоем [Электронный ресурс]. URL: <http://truemap.ru/true-map-plus-skretch-karta-mira>.
8. Познавательные карты мира. [Электронный ресурс]. URL: <https://rndnet.ru/part-photop/poznavatelnye-karty-mira>.
9. Берлянт, А. М. Картография [Текст] : учебник / А. М. Берлянт. – 4-е изд., доп. – М. : КДУ, 2014. – 447 с.
10. Картография // Малый энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона: в 4 т. – СПб., 1907–1909.
11. Берлянт А. М. Картография, как форма существования навигации // Картография, навигация, информационные системы, 2010, № 6. – С. 7–12.
12. Васмут А. С. Автоматизация и математические методы в картосоставлении [Текст] : учебное пособие / А. С. Васмут, Л. М. Бугаевский, А. М. Портнов. – М.: Недра, 1991. – 391с.
13. Пурсаков С. И. Математические методы в составлении и использовании карт [Текст]: учебное пособие / С.И.Пурсаков. - Новосибирск: НИИГАиК, 1994.-100 с.
14. Радченко Л. К., Плюснина Е. С. Применение теории графов при изучении дисциплины «Математические методы в составлении карт», // АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОБРАЗОВАНИЯ. Инновационные подходы в образовании. Междунар. науч.-метод. конф. : сб. материалов в 2 ч. (Новосибирск, 23–27 января 2017 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – С. 51–55.
15. Вербная, В.П. Математика для дистанционного обучения: учебное пособие, издание 2-ое, стереотипное (Рекомендовано СибРУМЦ) / В.П. Вербная, Г.П. Мартынов, Е.С. Плюснина. – Новосибирск: СГУГиТ, 2016. – 278 с.
16. *redsovet.su* Статья «Типология познавательных картографических заданий».
17. Живая карта – История России. [Электронный ресурс]. URL: <https://histrf.ru/mediateka/interactive/maps/interactive-map>
18. Интерактивный атлас всемирной истории. [Электронный ресурс]. URL: <http://geacron.com/home-en/?&sid=GeaCron608687>.
19. Центр всемирного наследия ЮНЕСКО – интерактивные карты. [Электронный ресурс]. URL: <https://whc.unesco.org/en/254>
20. Прогноз погоды. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.windy.com/?55.053,82.925,5>.
21. Работа с картой на уроках окружающего мира в начальных классах [Электронный ресурс]. URL: [https://урок.пф/library/rabota\\_s\\_kartoj\\_na\\_urokah\\_okruzhayushego\\_mira\\_v\\_nachal\\_151220.html](https://урок.пф/library/rabota_s_kartoj_na_urokah_okruzhayushego_mira_v_nachal_151220.html).

© Г. П. Мартынов, Л. К. Радченко, Е. Ф. Шурыгина, 2020