

7. Yakovchenko, S.G. (2007), "Creation of geoinformation systems in engineering hydrology", Abstract of Ph. D. dissertation, Geoinformatics, Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the RAS, Barnaul, Russia.

8. Esri – GIS Mapping Software, Solutions, Services, Map Apps, and Data (2016), available at: <http://www.esri.com> (Accessed 28 December 2016).

Поступила в редакцию: 20.02.2017

Сведения об авторах

Калинин Виталий Германович

доктор географических наук, профессор кафедры картографии и геоинформатики Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; e-mail: vgkalinin@gmail.com

Суманеева Ксения Игоревна

специалист отдела водных ресурсов Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края; Россия, 614000, г. Пермь, ул. Ленина, 51; e-mail: ksusumaneeva@mail.ru

Русаков Василий Сергеевич

старший преподаватель кафедры информационных систем и математических методов в экономике Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; e-mail: rusakov_vas@mail.ru

About the authors

Vitaliy G. Kalinin

Doctor of Geographical Sciences, Professor of Cartography and Geoinformatic Department, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia; e-mail: vgkalinin@gmail.com

Ksenya I. Sumaneeva

Specialist of Water Recourses Department, Ministry of Nature Recourses, Forestry and Ecology, Perm Krai; 51, Lenina st., Perm, 614000, Russia; e-mail: ksusumaneeva@mail.ru

Vasiliy S. Rusakov

Senior Lecturer, Department of Information Systems and Mathematical Methods in Economics, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia; e-mail: rusakov_vas@mail.ru

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Калинин В.Г., Суманеева К.И., Русаков В.С. Анализ методов интерполяции пространственного распределения метеорологических характеристик при расчетах весеннего снеготаяния // Географический вестник = Geographical bulletin. 2017. №2(41). С.126–137. doi 10.17072/2079-7877-2017-2-126-137

Please cite this article in English as:

Kalinin V.G., Sumaneeva K.I., Rusakov V.S. Interpolation of meteorological characteristics spatial distribution for spring snowmelt: analysis of methods // Geographical bulletin. 2017. № 2(41). P. 126–137. doi 10.17072/2079-7877-2017-2-126-137

УДК 912.43

Е.С. Черепанова, Е.С. Киселева, С.И. Перминов, А.В. Тарасов
МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ: ОСОБЕННОСТИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь

Визуализация информации о пространственно-распределенных социально-экономических объектах и явлениях является крайне актуальной и востребованной – это своего рода индикатор

перемен в жизни региона. Создание карт социально-экономических объектов и явлений обуславливает развитие инновационных подходов к управлению регионом, повышение уровня современного понимания и интерпретации происходящих процессов в экономике и обществе. Использование геоинформационных технологий для создания такого типа карт дает новую информацию о населении и хозяйстве региона. Геоинформационная система (ГИС) включает в себя многие инструменты построения и анализа социально-экономических моделей. Встроенные в ГИС-пакеты языки программирования позволяют разрабатывать собственные алгоритмы обработки и отображения пространственной информации о социально-экономических процессах и явлениях.

Ключевые слова: ГИС, математико-картографическое моделирование, ArcGIS, Python, картографические способы изображения.

E.S. Cherepanova, E.S. Kiseleva, S.I. Perminov, A.V. Tarasov
**MATHEMATICAL-CARTOGRAPHIC MODELING IN SOCIO- ECONOMIC MAPPING:
PECULIARITIES OF DATA VISUALIZATION**

Perm State University, Perm

Visualization of information about spatially distributed socio-economic objects and phenomena is a task of great current importance, since it is a kind of indicator showing changes in the life of the region. Such maps determine the development of innovative approaches to the management of the region and better understanding and interpretation of the processes ongoing in the economy and society. The use of geoinformation technologies to create this type of maps provides new information about the population and economy of the region. A GIS contains many tools for constructing and analyzing socio-economic models. Built-in programming languages help to develop algorithms for processing and mapping spatial information about socio-economic processes and phenomena.

Key words: GIS, mathematical-cartographic modeling, ArcGIS, Python, cartographic methods of presentation.

doi 10.17072/2079-7877-2017-2-137-147

К настоящему времени накоплено большое количество разнообразных статистических материалов по социально-экономической географии Пермского края, которые могут быть систематизированы и представлены в виде системы карт с использованием методов математико-картографического моделирования. Создание тематических карт современной социально-экономической ситуации в Пермском крае направлено на обобщение знаний о регионе и представление их в форме, удобной для исследовательской и учебной работы.

Несмотря на устоявшийся перечень социально-экономических карт, тематика их постоянно расширяется в связи с усложнением условий жизни людей, видов и характера хозяйства, с развитием демографической, социальной и экономической статистики и социологических исследований. Социально-экономическое картографирование – одно из основных и наиболее развитых направлений тематического картографирования.

Основным методом исследования социально-экономических объектов и явлений является метод моделирования – способ теоретического и практического действия, направленного на разработку и использование моделей [1]. При этом под моделью понимается образ реального объекта (явления) в материальной форме или описанный знаковыми средствами на каком-либо языке, отражающий существенные свойства моделируемого объекта (явления) и замещающий его в ходе исследования и управления. Метод моделирования основывается на принципе аналогии, т.е. возможности изучения реального объекта не непосредственно, а через рассмотрение подобного ему и более доступного объекта, его модели.

Под математико-картографическим моделированием понимается процесс органического комплексирования математических и картографических моделей в системе «создание–использование карт» для конструирования или анализа тематического содержания карт [2]. Карта представляет собой математически строго определенную формализованную модель, построенную по канонам математической картографии, включает в себя и математическую, и картографическую модель. Моделируемая действительность на карте, как и в математической модели, передается в условной знаковой форме, но карта обладает отличающим ее от математической и любой другой модели

свойством – она визуализирует территориальную конкретность. Не являются редкостью и приемы математической статистики, используемые в картосоставительской практике при проведении отбора объектов картографирования, построении шкал по количественным признакам, обобщении статистических данных и т.п. Все это позволяет говорить о возможности органического комплексирования математических и картографических моделей и нецелесообразности их противопоставления [3].

К практическим задачам математико-картографического моделирования социально-экономических объектов и явлений относят анализ социально-экономических объектов и явлений; экономическое прогнозирование, предвидение развития экономических процессов; выработку управленческих решений в области хозяйства.

Однако не во всех случаях данные, полученные в результате математико-картографического моделирования, могут быть использованы непосредственно как готовые управленческие решения. Они скорее рассматриваются как консультирующие средства, а принятие управленческих решений остаётся за человеком.

При математико-картографическом моделировании важнейшим понятием является понятие адекватности модели – соответствие модели моделируемому объекту или процессу. Современные возможности систем обработки пространственной (размерной) информации заложены в современных геоинформационных системах. ГИС позволяют создавать цифровые модели объектов реального мира, формализуя и упорядочивая их таким образом, что информация становится воспринимаемой компьютерными средами. Учитывая возможности географического анализа и геообработки, реализованные в современных ГИС-пакетах, становятся очевидными преимущества хранения и обработки пространственных геоданных именно в ГИС. Истоки геоинформационного картографирования (автоматизированное создание карт на основе баз картографических данных) прослеживаются в комплексном картографировании, которое подразумевает создание серий согласованных карт и атласов природы, населения и хозяйства и представляет собой метод многостороннего познания действительности картографическими методами. [4]. Несмотря на мощнейший функционал современных технологий обработки пространственных геоданных последнее слово остается за профессиональными географами. «Чем выше компьютерная грамотность географа – тем ниже картографическая» – эти слова великого картографа-геоинформатика А.М. Берлянта в настоящее время приобретают все большую актуальность вследствие повсеместного и неоправданного использования ГИС с одновременным игнорированием традиций отечественной картографической школы.

Современное социально-экономическое геоинформационное картографирование используют в картографии, геоинформатике, математической статистике, топологии и дистанционном зондировании. Задача современного географа-картографа – использовать методы геоинформационных технологий, которые способны интегрировать в себе достижения вышеперечисленных научных направлений. Эти методы, в число которых входят преобразования систем координат, автоматизированная генерализация, интерполяция и построения математико-статистических поверхностей, операции оверлея, создания пространственных и атрибутивных запросов, базируются на использовании баз пространственных данных и алгоритмических процедур, применяемых в ГИС для выполнения пространственного анализа и моделирования.

Пространственные объекты в геоинформатике, являющиеся цифровым описанием объектов реальности, состоят из позиционных и непозиционных данных. К непозиционным данным относятся качественные и количественные характеристики пространственных объектов (атрибуты), они соответствуют тематической форме данных или кодированному представлению взаимосвязей объектов (топологии), позволяют маркировать и опознавать тип объекта [5].

В рамках исследования по разработке содержания и составления социально-экономического раздела комплексного учебного атласа «География Пермского края» было создано 35 картографических произведений. Основные этапы работ включали в себя разработку программы раздела и каждой карты в отдельности, создание базы геоданных, географической основы и типовых компоновок. Этап сбора информации о современном социально-экономическом положении Пермского края параллельно определял подбор методов создания и принципов оформления карт. Создание электронной версии и редактирование оригиналов карт производились в лицензионном программном комплексе ArcGIS 10.2. Все карты проходили проверку у специалистов по соответствующим тематикам.

Раздел «Социально-экономическая география» включает в себя 3 подраздела: «Население» (8 карт), «Социальная инфраструктура» (5 карт) и «Экономика» (21 карта). Для вводного раздела атласа также была составлена карта административно-территориального деления края. В процессе создания карт применялись технические возможности полнофункциональной ГИС ArcGIS и принципы отображения объектов согласно правилам классической картографии (рис. 1).



а) б)
Рис. 1. Оформление карт по правилам классической картографии:
а – маскирование водных объектов и дорог пунсонами;
б – надписи вдоль параллелей

Многовариантность автоматизированного картографирования – это один из главных плюсов геоинформационных систем. Оно позволяет разнообразить способы изображения, менять стили оформления карт, использовать эффекты машинной графики и компьютерного дизайна [6]. Одна из важнейших задач картографа – выбор и построение графических средств картографического изображения, способствующих формированию выводов и умозаключений, которые было бы трудно осуществить из той же информации в текстовом или табличном виде. Из нескольких вариантов образцов карт выбирается наиболее читаемый и информативный.

Современные геоинформационные программные продукты, такие как ArcGIS, MapInfo, QGIS и другие, содержат в себе множество базовых инструментов и механизмов для создания и публикации карт, визуализации и геопространственного анализа данных. Существует возможность отображать информацию стандартными картографическими способами значков, линейных знаков, ареалов, картограмм, картодиаграмм и т.д., создавать свои символы и различные варианты цветового и штрихового оформления. Однако возможности представления пространственной информации геоинформационных систем ограничены определенным стандартным набором (в зависимости от того, коммерческий продукт или с открытым кодом) и не охватывают всего множества методов и вариантов картографирования.

Так как статистические данные предоставляются чаще всего по административно-территориальным единицам и единицам муниципальных образований субъектов Российской Федерации, в социально-экономическом картографировании чаще всего используется способ изображения картограмм и картодиаграмм. Программные средства стандартных ГИС позволяют строить картограммы методом штриховки, цветовой заливки административно-территориальных единиц в соответствии с градациями отображаемого явления. Картодиаграммы, которые показывают абсолютное значение показателей по единицам территориального деления с помощью диаграммных знаков, в геоинформационных системах обычно отображаются круговыми, столбчатыми, линейчатыми диаграммами и диаграммами «с накоплением», которые так же могут быть представлены в виде столбцов или строк. Варианты использования встроенных в ГИС методов построения диаграмм отображены на рис. 2.

Особенностью программного продукта ArcGIS и его дополнительного модуля Spatial Analyst (пространственный анализ) также является реализация возможностей создания статистических поверхностей на основе имеющихся данных. Модуль Spatial Analyst обеспечивает обширный выбор инструментов анализа растровых данных (основанных на ячейках) и векторных данных (точек, линий и полигонов). В качестве примера можно привести создание карты «Плотность населения» (рис 3). Данная математико-картографическая модель строилась на основе данных о численности населения сельских населенных пунктов Пермского края для создания модели расселения, максимально достоверно отражающей размещение сельского населения на исследуемой территории.

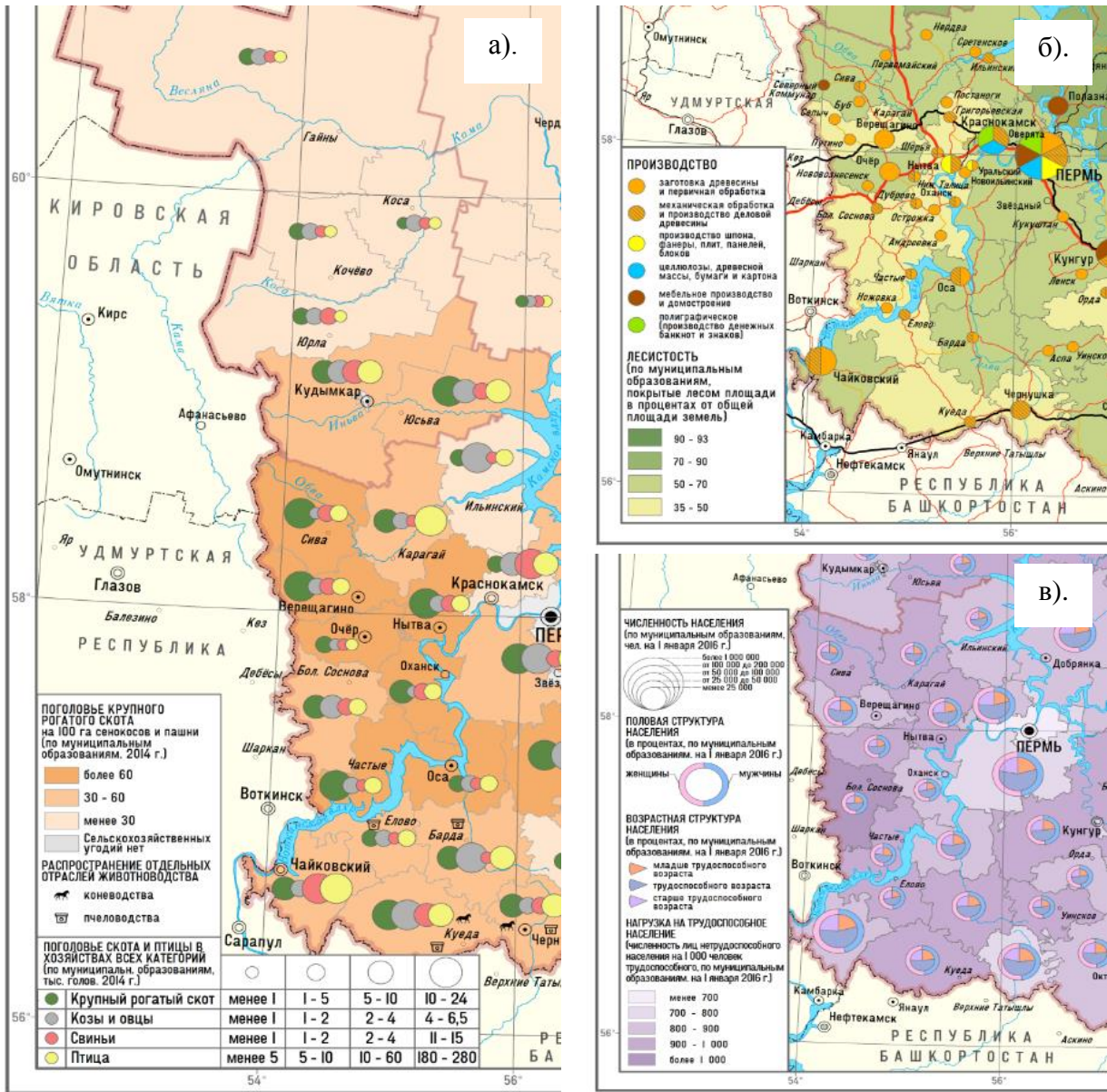


Рис. 2. Фрагменты карт: а – животноводство; б – лесопромышленный комплекс; в – половозрастная структура

После сравнительного анализа возможных применимых моделей была выбрана модель плотности ядер, реализуемая инструментом «Плотность ядер (Kernel Density)» ArcMap 10.2. Технология работы инструмента следующая. Для каждой точки (сельского населенного пункта) строится сглаженная изогнутая поверхность. Значение поверхности максимально в местоположении точки и уменьшается с увеличением расстояния от точки, достигая нуля на расстоянии, равном заданному радиусу поиска. Объем под поверхностью равен значению поля численности населения для точки. Если радиусы пересекаются, то значение плотности в каждой ячейке выходного раstra вычисляется путем сложения значений всех ядер в тех точках, где они накладываются на центр ячейки раstra. Результатом моделирования стала непрерывная поверхность расселения сельского населения, которая затем была уточнена в соответствии с географической ситуацией в России по другим картам.

Несмотря на все достоинства реализованных наборов средств визуализации географической пространственной информации, не всегда эти способы соответствуют требованиям профессионального картографа. Следует отметить особенность работы алгоритма по построению столбчатых диаграмм в ArcGIS 10.2. Высота столбцов в этой ГИС задается только для максимального

значения в «точках», тогда как в классической картографии значение показателя закладывается в 1 мм графика и, исходя из этого параметра, высчитывается высота столбцов. Также нельзя встроенным инструментарием ArcGIS 10.2. создать график, лепестковую диаграмму, которые часто нужны для климатических карт, а также кольцевую и сеточную диаграммы для отображения социально-экономических показателей.

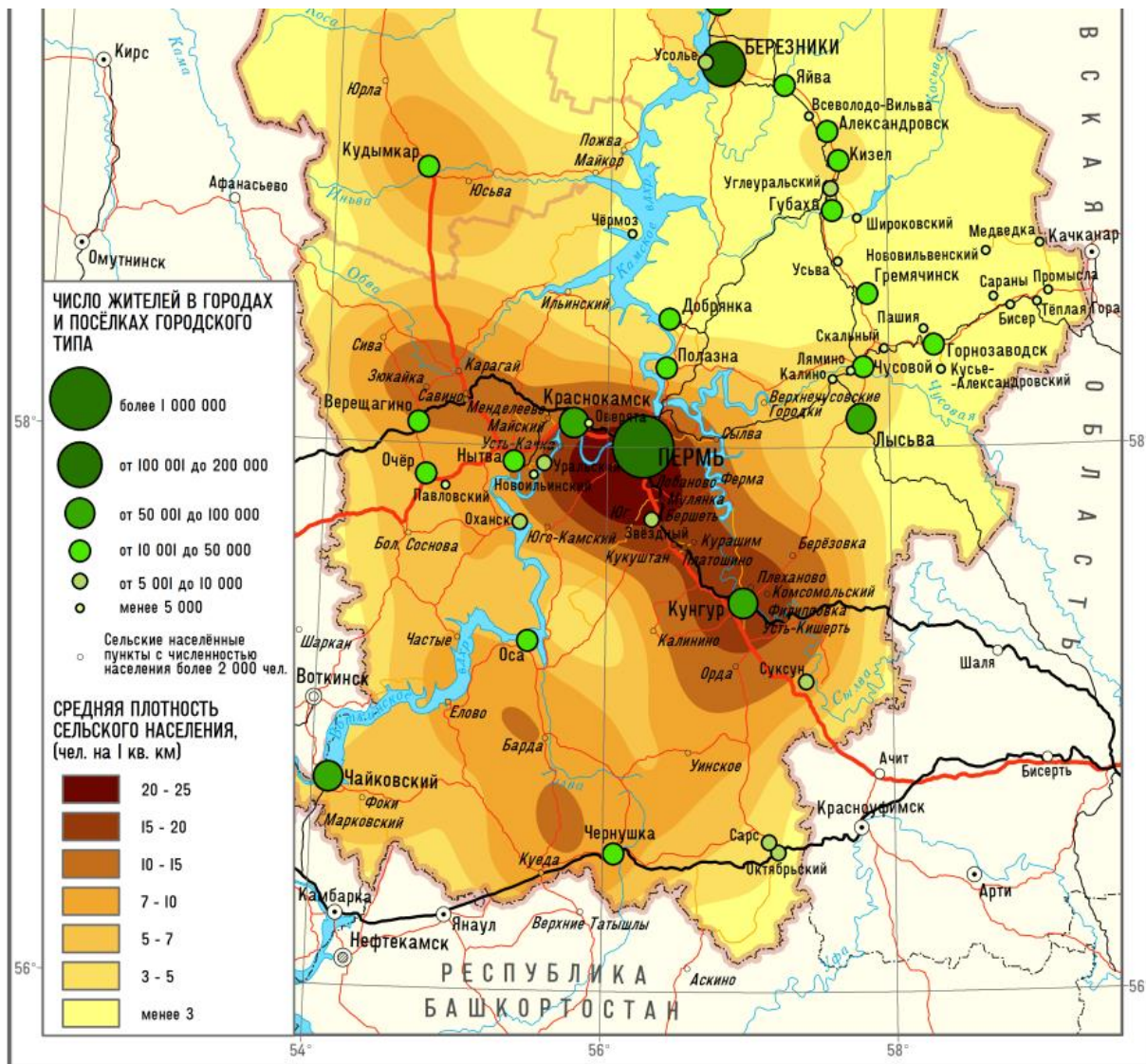


Рис. 3. Фрагмент карты «Плотность населения»

Подобные вопросы ограниченного набора графических средств геоинформационных систем можно решать, используя интегрированные в них языки программирования. Навык работы с ними позволяет создавать новые варианты отображения данных и совершенствовать имеющиеся способы изображения. Современное образование в области картографии и геоинформатики дает выпускникам многие навыки в области обработки пространственной информации, проектировании и создании карт, тогда как изучению языков программирования уделяется меньше внимания вследствие ограниченности отведенного времени на профильные предметы. Базовые знания программирования должны стать неотъемлемой частью подготовки современных выпускников-картографов. Такой картограф, обладающий картографической грамотностью, творческим подходом и успешно использующий ГИС-технологии, имеет возможность расширять их функционал и возможности путем написания отдельных алгоритмов и инструментов обработки информации. Также существует возможность совместной работы над проектами с профессиональными программистами, что значительно повышает качество и возможности разработки инструментов. Данный вид

взаимодействия может быть перспективным и плодотворным в вопросах визуализации, как и взаимодействие географов-экспертов и картографов в вопросах тематического картографирования.

Особенно значима проблема ограниченного набора графических средств при создании географических атласов. Так, при создании карт для учебного атласа «География Пермского края» в социально-экономическом разделе предполагалось использование круговой диаграммы с отображением внутренней структуры (промышленности, состава населения, растениеводства, сельскохозяйственных угодий и т.д.). Если для карт промышленности в данном случае такое графическое средство является общепринятым и единственно возможным, то для карт населения и сельского хозяйства возможны другие варианты. Исходя из этого было принято решение о расширении используемых на картах графических средств с помощью интегрированного в ArcGIS языка программирования Python.

Язык программирования Python является независимым, межплатформенным, открытым языком программирования, быстрым, мощным и легким в освоении. Этот язык обеспечивает тесное и оригинальное взаимодействие с пользователем в пакете ArcPy. Библиотека ArcPy обеспечивает доступ из Python ко всем инструментам геообработки, включая дополнительные модули, а также предлагает большое количество полезных функций и классов для работы с данными ГИС. Используя Python и ArcPy, можно разрабатывать большое количество удобных программ (скриптов) для работы с географическими данными [7]. Итеративное выполнение последовательного ряда определенных функций является сутью разработанных алгоритмов. Таким образом, были разработаны инструменты визуализации данных, что дало возможность отображения пространственной информации следующими видами диаграмм: *сеточными, кольцевыми, диаграммами – полукругами и столбчатыми диаграммами* (рис. 4).

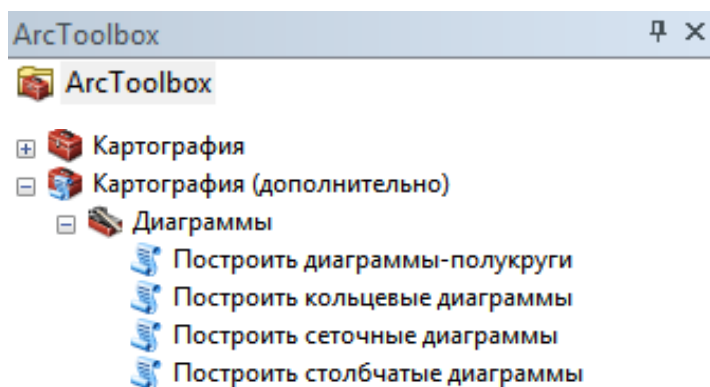


Рис. 4. Отображение расширенного набора инструментов «Картография»

При открытии любого пользовательского инструмента из созданного набора пользователь должен определить входные и выходные данные, а также определенный набор дополнительных параметров, т.е. выполнить стандартную процедуру при работе с инструментами ArcToolbox. Диалоговое окно инструмента «Построить сеточные диаграммы» и условная схема его работы, отображающая некоторые используемые инструменты и функции ArcPy, отображена на рис. 5.

Результатом работы инструментов является новый полигональный слой, объекты которого имеют определенную форму (квадрат, прямоугольник, сектор круга и т.п.) и вычисленные атрибутивные значения, на основе которых в дальнейшем с помощью стандартных средств ArcGIS настраивается отображение классов.

Сеточные диаграммы. Первый инструмент позволяет получать диаграммы в виде совокупности клеток одинакового размера 10 на 10, заключенных в один квадрат, и отображает процент подвидов показателя в ячейках. Размер общего квадрата задается в соответствии с суммарной величиной отображаемого явления, например, площадь сельскохозяйственных угодий. Цвет клеток показывает структуру угодий (рис. 6, а).

Входными данными служит векторный слой с заранее просчитанными процентами подвидов отображаемого показателя, например, видов сельскохозяйственных угодий. Отдельно указывается поле размера диаграмм в метрах (единицах измерения карты), что при желании, если известен масштаб карты в компоновке, может быть переведено в миллиметры компоновки карты.

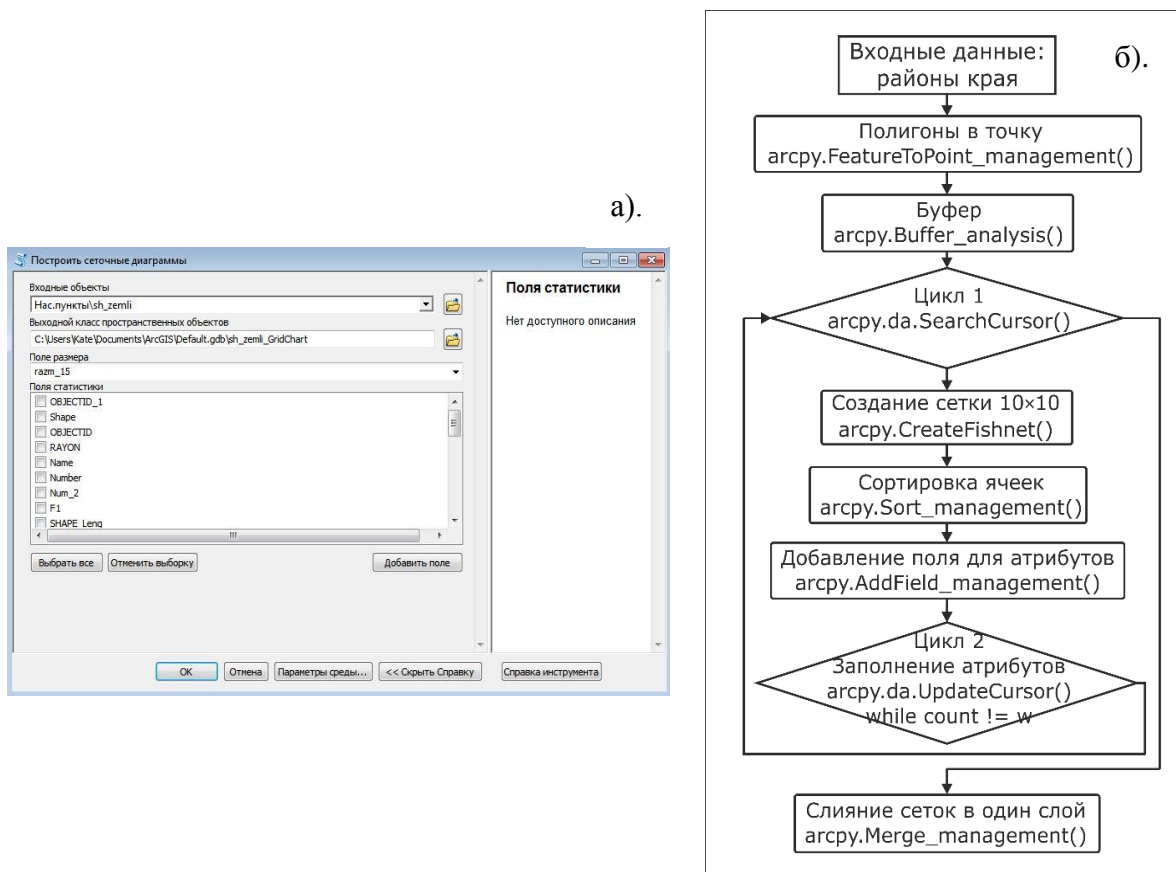


Рис. 5. Инструмент «Построить сеточные диаграммы»: а – окно инструмента;
б – условная схема работы инструмента

Кольцевые диаграммы. Второй инструмент отображает данные в виде кольца, разделенного на секторы. Входными данными служит векторный слой с полями, содержащими информацию о подвидах отображаемого показателя, например, структуры посевов зерновых культур (рис. 6, б). Проценты рассчитываются в данном инструменте автоматически. Отдельно указывается поле размера диаграммы аналогично предыдущему инструменту. Размер отверстия диаграммы регулируется.

В режиме редактирования возможно изменение положения секторов диаграммы. Например, можно отобразить данные в виде разрезанной кольцевой диаграммы, переместив все сектора на одинаковое расстояние от сектора. Возможно также создание сложных кольцевых диаграмм, состоящих из нескольких рядов данных, или совмещение кольцевых диаграмм с круговыми. Кроме того, в отверстии кольцевой диаграммы возможно размещение подписи абсолютного числа показателя, например, при отображении структуры посевов зерновых можно подписать их урожайность или валовой сбор.

Построение столбчатых диаграмм. Третий инструмент отображает данные и величины в виде столбчатой диаграммы (рис 6, в). Основанием для составления диаграммы служит количественный признак. Обычно таким способом отображаются абсолютные показатели каких-либо характеристик в разрезе времени (по годам, месяцам и т.д.), а так же величина подтипов явления в одном размерном ряду, что встречается реже. Инструмент позволяет задать ширину столбцов в единицах измерения компоновки карты - миллиметрах, величину явления, заложенную в 1 мм высоты столбцов диаграммы (например, 1 мм столбца равен 1000 штук легковых автомобилей). Далее выбираются поля в слое, соответствующие разным столбцам, дополнительно указывается ширина между столбцами (не обязательный параметр). Для корректной работы инструмента в параметрах фрейма данных должен быть указан базовый масштаб, соответствующий масштабу карты в компоновке. В случае, если базовый масштаб не указан, используется текущий масштаб карты. Используемый масштаб прописывается в не редактируемом поле инструмента.

Диаграммы-полукруги. Четвертый инструмент представляет данные в виде двух полукругов, отдаленных друг от друга на определенное расстояние. В размер полукруга закладывается суммарное абсолютное значение показателя. Структура явления отображается разбиением полукруга на сектора. Входными данными служит векторный слой с двумя полями для размера полукруга (правого и левого) и с полями, содержащими информацию о подвидах показателя в процентах или в абсолютных значениях. С помощью данного инструмента можно отображать показатели, делимые на две равнозначные части. Например, численность прибывших и выбывших с отображением структуры миграций или численность мужчин и женщин с разделением на группы по возрасту (рис. 6 г).

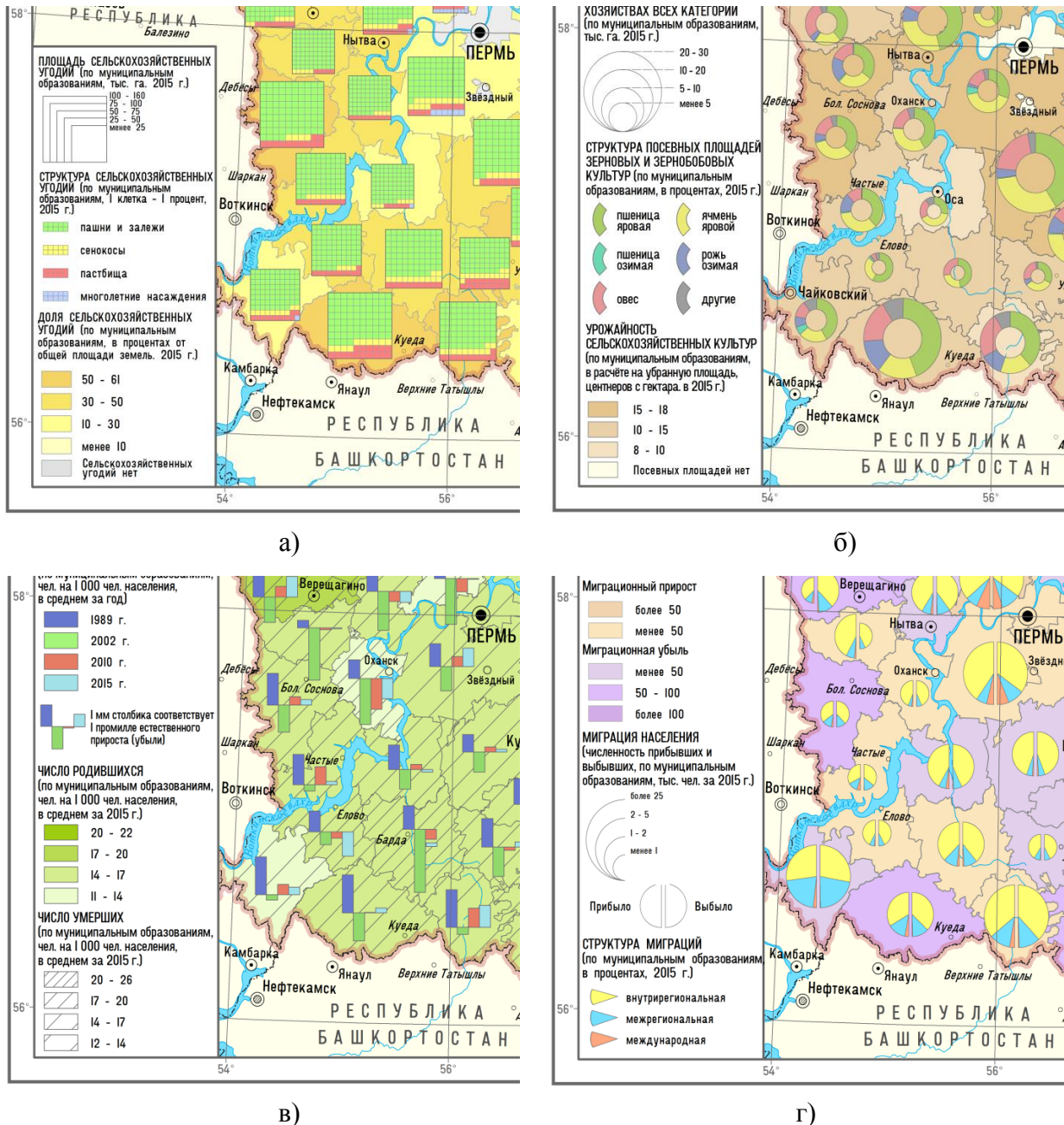


Рис. 6. Примеры использования инструментов: а – фрагмент карты «Сельскохозяйственные угодья»; б – фрагмент карты «Зерновые культуры»; в – фрагмент карты «Естественное движение населения»; г – фрагмент карты «Механическое движение населения»

В результате исследования существенно расширены методы визуализации пространственных геоданных. Разработанные инструменты могут быть применены как для социально-экономических, так и для других типов тематических карт. Современная полнофункциональная геоинформационная система ArcGIS позволяет расширять возможности благодаря встроенному языку программирования

Python, доступность и относительная простота которого делают его мощным инструментом для воплощения многих задач, актуальных для ГИС-специалистов.

Библиографический список

1. Федосеев В.В. Экономико-математические модели и прогнозирование рынка труда. М.: Вузовский учебник, 2005. 144 с.
2. Жуков В.Т., Сербенюк С.Н., Тикунев В.С. Математико-картографическое моделирование в географии. М.: Мысль, 1980. 222 с.
3. Капралов Е.Г., Кошкарёв А.В., Тикунев В.С. Геоинформатика. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 480 с.
4. Лурье И.К. Геоинформатика. Учебные ГИС. М.: Издат-во Моск. ун-та, 1997 г. 115 с.
5. Лурье И.К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков. М.: КДУ, 2008. 424 с.
6. Прохорова Е.А. Географическое картографирование: социально-экономические карты. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2009. 236 с.
7. Справка ArcGIS [Электронный ресурс]. URL: <http://pro.arcgis.com/ru/pro-app/arcpy/get-started/what-is-arcpy-.htm> (дата обращения: 05.04.2017).

References

1. Fedoseev, V.V. (2002), *Ekonomiko-matematicheskie modeli i prognozirovaniye rynka truda* [Economic-mathematical models and labor market forecasting], Vuzovskij uchebник, Moscow, Russia
2. Zhukov, V. T., Serbenyuk, S. N. and Tikunov V. S. (1980), *Matematiko-kartograficheskoe modelirovaniye v geografii* [Mathematical-cartographic modeling in geography], Mysl', Moscow, USSR
3. Kapralov, E. G., Koshkarev A.V. and Tikunov V. S. (2005), *Geoinformatika* [Geoinformatics], Izdatel'skij centr «Akademiy», Moscow, Russia.
4. Lurie, I. K. (1997), *Geoinformatika. Uchebnye GIS* [Geoinformatics. Educational GIS], Izdatel'stvo MGU, Moscow, Russia.
5. Lurie, I.K. (2008), *Geoinformacionnoye kartografirovaniye. Metody geoinformatiki i cifrovoj obrabotki kosmicheskikh snimkov* [Geoinformation mapping. Methods of geoinformatics and digital processing of satellite images], KDU, Moscow, Russia
6. Prokhorova, E.A. (2009), *Geograficheskoye kartografirovaniye: social'no-ehkonomicheskiye karty* [Geographic mapping: socio-economic maps], Geograficheski fakul'tet MGU, Moscow, Russia
7. ArcGIS Help, available at: <http://pro.arcgis.com/ru/pro-app/arcpy/get-started/what-is-arcpy-.htm> (Accessed 05.04.2017).

Поступила в редакцию: 28.04.2017

Сведения об авторах

Черепанова Екатерина Сергеевна

кандидат географических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики, Пермского государственного национального исследовательского университета;
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15;
e-mail: cherkat@yandex.ru

Киселева Екатерина Сергеевна

магистрант кафедры картографии и геоинформатики, Пермского государственного национального исследовательского университета;
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15;
e-mail: kiseleva.ekaterina@inbox.ru

Перминов Сергей Игоревич

магистрант кафедры картографии и геоинформатики Пермского государственного

About the authors

Ekaterina S. Cherepanova

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Cartography and Geoinformatics, Perm State University;
15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia;
e-mail: cherkat@yandex.ru

Ekaterina S. Kiseleva

Master's degree student, Department of Cartography and Geoinformatics, Perm State University;
15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia;
e-mail: kiseleva.ekaterina@inbox.ru

Sergei I. Perminov

Master's degree student, Department of Cartography and Geoinformatics, Perm State University;
15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia;
e-mail: perminovsi@ya.ru

национального исследовательского университета;
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15;
e-mail: perminovsi@ya.ru

Тарасов Андрей Владимирович

магистрант кафедры картографии и
геоинформатики Пермского государственного
национального исследовательского университета;
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15;
e-mail: andrew.tarasov1993@gmail.com

Andrei V. Tarasov

Master's degree student, Department of Cartography
and Geoinformatics, Perm State University;
15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia;
e-mail: andrew.tarasov1993@gmail.com

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Черепанова Е.С., Киселева Е.С., Перминов С.И., Тарасов А.В. Математико-картографическое моделирование в социально-экономическом картографировании: особенности визуализации данных // Географический вестник = Geographical bulletin. 2017. №2(41). С.137–147. doi 10.17072/2079-7877-2017-2-137-147

Please cite this article in English as:

Cherepanova E.S., Kiseleva E.S., Perminov S.I., Tarasov A.V. Mathematical-cartographic modeling in socio-economic mapping: peculiarities of data visualization // Geographical bulletin. 2017. № 2(41). P.137–147. doi 10.17072/2079-7877-2017-2-137-147