

УДК: 528.854

DOI: 10.35595/2414-9179-2020-1-26-410-420

А.А. Шурыгина<sup>1</sup>, Т.Е. Самсонов<sup>2</sup>

## АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ РЕГУЛЯРНЫХ, РАДИАЛЬНЫХ И КОЛЬЦЕВЫХ СТРУКТУР В КОНФИГУРАЦИИ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ

### АННОТАЦИЯ

В статье описывается опыт применения различных подходов к распознаванию некоторых наиболее распространенных планировочных структур населённых пунктов, которые включают в себя радиальные, регулярные и кольцевые элементы. На первом этапе необходимо выявить типичные свойства и элементы соответствующих им рисунков, затем найти способ автоматизации поиска таких сущностей в произвольной дорожной сети поселения. Для решения второй задачи используются известные алгоритмы, связанные с анализом однородности формы кварталов населённого пункта, предлагаются модификации алгоритма поиска радиальных элементов структур и тестируется авторский способ детектирования кольцевых элементов.

Выбранные подходы реализованы в виде скрипта на языке программирования Python, который последовательно проверяет поданную на вход дорожную сеть на наличие элементов решётчатой или радиально-кольцевой планировочной структуры. Методика апробирована на 50 городах мира. Верификация результатов проводилась путём сравнения ответа алгоритма с экспертным мнением авторов работы или литературных источников по теме. Правильность классификации составила 80 %. Алгоритм успешно справлялся с эталонными примерами планировок, но испытывал трудности с их модификациями, связанными, например, с отсутствием замкнутости у кольцевых элементов радиально-кольцевой структуры.

Полученные результаты могут быть востребованы в задачах картографической генерализации, которые требуют распознавания и сохранения типичных черт пространственных объектов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** распознавание графических образов, пространственные рисунки, теория графов

---

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия; *e-mail*: [shur.a17@yandex.ru](mailto:shur.a17@yandex.ru)

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия; *e-mail*: [tsamsonov@geogr.msu.ru](mailto:tsamsonov@geogr.msu.ru)

Anastasia A. Shurygina<sup>1</sup>, Timofey E. Samsonov<sup>2</sup>

**AUTOMATED RECOGNITION  
OF REGULAR, RADIAL AND RING STRUCTURES  
IN THE CONFIGURATION OF A STREET-ROAD NETWORK OF SETTLEMENTS**

**ABSTRACT**

The article describes the experience of applying various approaches to the recognition of some of the most common settlements planning structures, which include radial, regular and ring elements. At the first stage, it is necessary to identify typical properties and elements of the corresponding figures, then find a way to automate the search for such entities in an arbitrary road network of a settlement. To solve the second problem, well-known algorithms are used that are associated with the analysis of the uniformity of the shape of neighborhoods of a settlement. Modifications of the algorithm for searching for radial structural elements are proposed, and the author's method of detecting ring elements is tested.

The selected approaches are implemented in the form of a script in the Python programming language, which sequentially checks the road network given to the input for the presence of lattice or radial-ring planning structure elements. The technique was tested in fifty cities of the world. Verification of the results was carried out by comparing the response of the algorithm with the expert opinion of the research authors or literature on the topic. The accuracy of the classification was 80 %. The algorithm successfully coped with the reference examples of layouts, but experienced difficulties with their modifications, associated, for example, with the lack of closure of the ring elements of the radial-ring structure.

The results can be demanded in problems of cartographic generalization, which require recognition and preservation of typical features of spatial objects.

**KEYWORDS:** pattern recognition, planning structures, graph theory

**ВВЕДЕНИЕ**

Распознавание образов имеет широкий спектр приложений в картографии, геоинформатике и дистанционном зондировании. В картографии и геоинформатике оно востребовано прежде всего при решении задач автоматизированной генерализации карт и баз пространственных данных, где требуется распознать и сохранить наиболее типичные черты пространственных структур. В дистанционном зондировании распознавание образов позволяет автоматически извлекать объекты из изображений, опираясь на их не только спектральные, но и пространственные признаки.

Работы подобного рода основаны на исследовании морфометрических признаков пространственных объектов [Stoter et al., 2009; Шурьгина, Самсонов, 2017]. Сами по себе характеристики индивидуальных геометрий не всегда позволяют однозначно отнести объекты к той или иной категории — большую роль играет также взаимное расположение, которое обладает типичными особенностями для каждого явления. Например, строения часто упорядочиваются в чёткие линейные структуры вдоль улиц. Когда речь заходит о распознавании пространственных структур — сетей, сочетаний элементов — характеристики взаимного положения выходят на ведущую роль.

---

<sup>1</sup> Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia;  
e-mail: shur.a17@yandex.ru

<sup>2</sup> Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia;  
e-mail: tsamsonov@geogr.msu.ru

В настоящем исследовании предложена система алгоритмов, позволяющая дифференцировать регулярную, радиальную и кольцевую структуры в рисунке улично-дорожной сети.

Под рисунком на геоизображении понимается типичное сочетание изображений определённых объектов и их частей известной формы, размера и тона (цвета). Сочетание объектов есть их пространственное распределение, размещение и повторяемость [Лабутина, 2004]. Понятие рисунка населённого пункта встречается в литературе по градостроительству [Яргина и др., 1986], дешифрированию аэрокосмических снимков [Лабутина, 2004], автоматизированной генерализации [Zahn, 1971] и геоурбанистике [Перцик, 2009; Ланно, 1997].

Обобщённое определение можно сформулировать следующим образом: рисунок населённого пункта — это типичное сочетание элементов городской (сельской, деревенской и др.) структуры со схожими морфометрическими и семантическими признаками, обладающее свойствами системы (эмерджентностью), которые проявляются в отражении функциональной направленности застройки и её генетических особенностей [Лабутина, 2004; Ланно, 1997; Перцик, 2009; Яргина и др., 1986; Marshall, 2004; Zahn, 1971]. В зависимости от детальности рассмотрения населённого пункта, элементами могут быть отдельные строения, кварталы или более крупные образования.

Существует множество вариантов классификации планировок (рисунков) населённых пунктов. В работе С. Маршалла [Marshall, 2004] приводится 94 наименования типов, которые были выделены 32-мя авторами в период с 1889 по 2001 гг. В текущем исследовании будут рассматриваться базовые планировки: сетевая (решётчатая), радиально-кольцевая (в том числе веерная) и смешанная (по [Ланно, 1997]).

С точки зрения геоинформатики, распознавание образов — это один из инструментов реализации обогащения данных в технологическом процессе автоматизированной генерализации. Распознавание типа планировки при решении такой задачи важно для контроля качества генерализации (сохранение географической достоверности) и дифференциации алгоритмов генерализации в зависимости от типа. Поэтому именно в этой области накоплены подходы к распознаванию ряда планировочных структур.

Задача выделения решётчатой планировки решена наиболее полно; встречаются алгоритмы, опирающиеся на её геометрические особенности [Heinzle et al., 2005] или на идею сопоставления с эталонными примерами [Tian et al., 2016]. В качестве эталонов используют и растровые изображения — космические снимки для локализации улично-дорожной сети без географической привязки [Costea, Leordeanu, 2016; Wieland, Pittore, 2016]. Для сегментации поселений по типам планировочных структур используются методы машинного обучения (например, [Schemala et al., 2016]) на основе снимков, однако из-за разнообразия дорожных покрытий и их отображений на данных дистанционного зондирования точность таких методов невысока. Более сложные типы с радиальными и кольцевыми элементами в векторной модели данных изучены слабо, и алгоритмы их распознавания нуждаются в доработке.

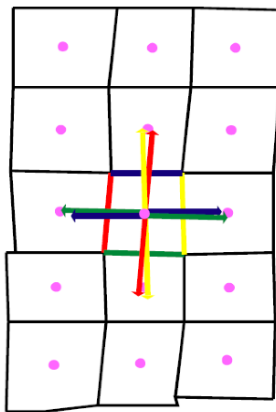
## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Отличительными свойствами регулярной планировочной структуры является наличие схожих кварталов прямоугольной формы и двух групп параллельных улиц, пересекающихся под прямым углом. Первую особенность можно выявить, анализируя каждый квартал населённого пункта (рис. 1 а) — переносить его центроид на векторы, равные его сторонам и сравнивать полученное положение с действительным центроидом кварталов, смежных текущему [Heinzle et al., 2005], что отразит также и степень

локальной гомогенности кварталов. Ортогональность дорог авторами предлагается выявлять по преобладающим направлениям дорожных сегментов: в отличие от других типов планировок, у регулярной наблюдается два экстремальных значения, отстоящих приблизительно на  $90^\circ$  (рис. 1 б).

Для поиска кольцевых элементов в структуре улично-дорожной сети нами разработан новый алгоритм с опорой на графовую модель (рис. 2). Для каждого узла дорожной сети рассчитывается расстояние  $R$  до центра (среднее арифметическое координат узлов, взвешенное на центральность по близости), определяются узлы, отстоящие от текущего на  $2R$ . Через каждую пару узлов (текущий и найденный) проводится прямая и находится кратчайший маршрут по алгоритму Дейкстры в левой и правой от прямой полуплоскости. «Прямой» маршрут между узлами исключается временным маскированием узлов эллипсом, располагаемым между рассматриваемой парой вершин. Определяется значение компактности полученных колец [Li et al., 2013] и отбираются непересекающиеся кольца с максимальной компактностью, центр которых расположен вблизи центра графа. Известно несколько способов вычисления центральности вершин графа [Newman, 2018]; в данном случае использовалась центральность по близости.

А, А



Б, В

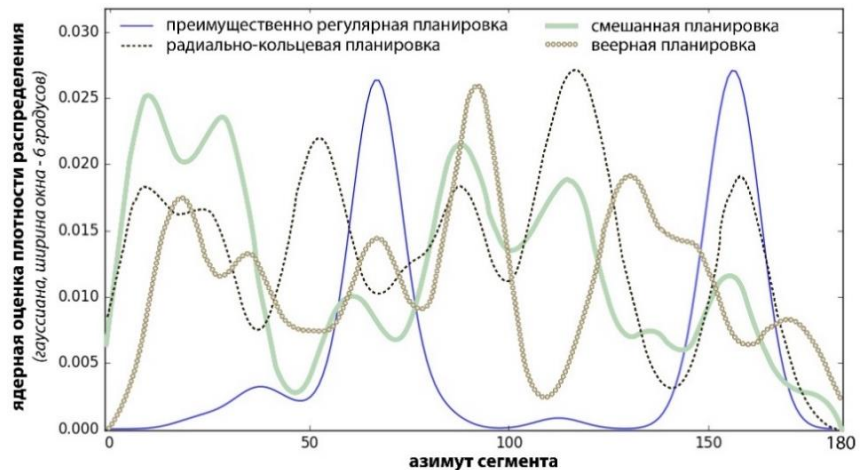


Рис. 1. Алгоритмы распознавания регулярной планировочной структуры:

А) Идея поиска регулярных структур по кварталам [Heinzle et al., 2005];

Б) Повторяемость направлений сегментов автодорожной сети для разных типов планировок населённых пунктов

Fig. 1. Recognition algorithms for a regular planning structure:

A) The idea of finding regular structures by quarters [Heinzle et al., 2005];

B) Repeatability of road network segments directions for different types of settlements planning structure

Наличие радиальной структуры в сети наравне с кольцевой, идентифицируется по модифицированному алгоритму, предложенному в [Heinzle et al., 2005]. До каждого из узлов, расположенных на кольце, из центра сети строится кратчайший маршрут и находится отношение его длины к радиусу кольца, рассчитанного по прямой от центра до узла на кольце. Для радиальной структуры это отношение близко к 1 и имеет малый разброс значений. В оригинальном алгоритме оценивается постоянство длины радиуса по перпендикулярным направлениям из центра.

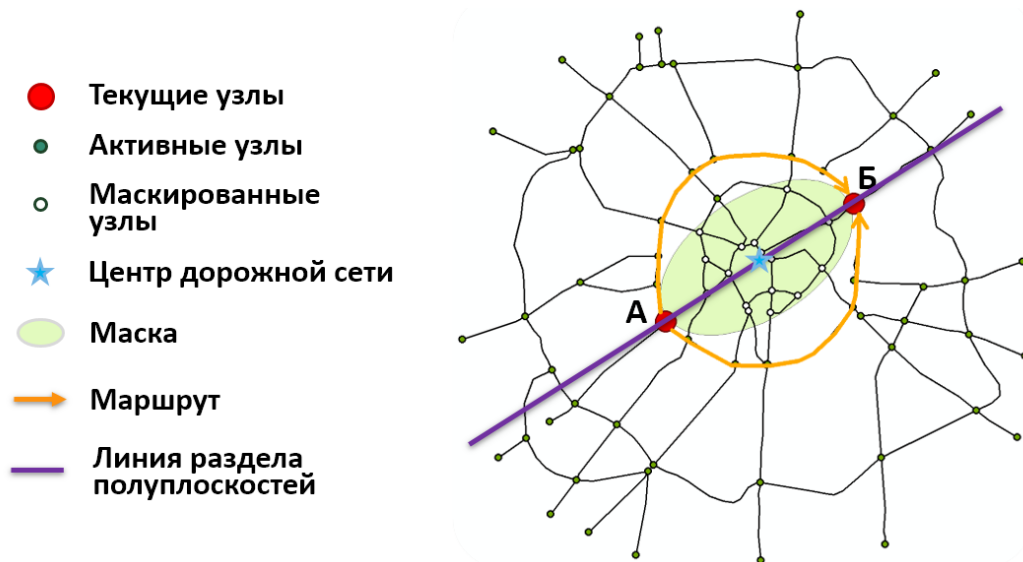


Рис. 2. Алгоритм поиска кольцевых элементов на примере генерализованной дорожной сети г. Москвы (пояснения в тексте)  
 Fig. 2. The search algorithm for ring elements on the example of a generalized road network of Moscow (explanations are in the text)

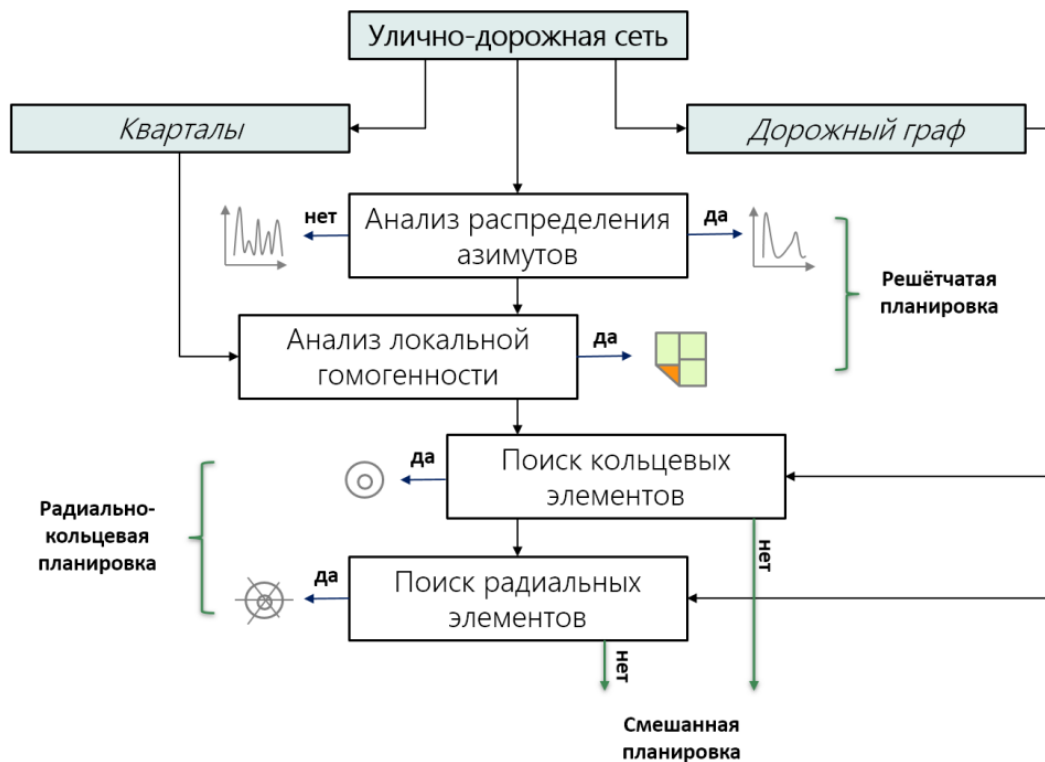


Рис. 3. Схема работы программного кода на языке Python для распознавания планировочных структур  
 Fig. 3. The scheme of script in Python for the recognition of planning structures

Алгоритмы были реализованы в виде скрипта, написанного на языке программирования Python 3. Использовались библиотеки *geopandas*, *math*, *scipy*, *sklearn*, *networkx* и *pumpru*. Порядок работы скрипта в обобщённой форме показан на рис. 3.

Исходными данными является улично-дорожная сеть населённого пункта, которая на определённых этапах конвертируется в граф или полигональный класс пространственных объектов (кварталы). Первоначально определяется, есть ли в сети элементы решётчатой планировки: вывод формулируется на основе анализа распределения ориентирующего угла фрагментов дорог и морфометрической схожести кварталов (метод [Heinzle et al., 2005]). Если соответствующие подпрограммы дают положительный ответ, то населённый пункт имеет либо решётчатую планировку, либо содержит её как вложенную в более сложноорганизованный рисунок.

Далее происходит поиск колец и радиусов в сети. Если найдено менее двух колец, программа делает вывод об отсутствии элементов радиально-кольцевой планировочной структуры во входной сети и присваивает ей название «смешанная» или «решётчатая», если ранее были найдены соответствующие структуры. То же происходит, если распознаны только кольца, без радиусов, но дополнительно выводится сообщение о наличии колец и сами кольцевые структуры.

Для апробации инструмента авторами было выбрано 45 населённых пунктов мира, визуально относимых к трём заявленным планировочным структурам. Их дорожные сети были извлечены из цифровой топографической карты масштаба 1:500 000 и данных открытого источника Open Street Map. С перечнем исследованных поселений можно ознакомиться в табл. 1.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Главным критерием качества результата работы инструмента распознавания рисунков населённых пунктов является сравнение с результатом визуального анализа дорожной сети, что показано в табл. 1.

Цвет заливки ячейки с названием населённого пункта соответствует тому типу рисунка, который был распознан программой. Связь типа и цвета заложена в цветах названий полей с разными рисунками. В нижней строке таблицы приведена доля правильно распознанных рисунков населённых пунктов. Достоверность распознавания всего набора составила 80 %, только населённых пунктов с решётчатой и радиально-кольцевой планировкой — 73 %.

Населённые пункты с решётчатой планировочной структурой распознаются алгоритмом в большинстве случаев успешно. Исключение составляют крупные поселения с разросшимися городскими окраинами, которым свойственна хаотичная застройка (Барнаул, Донецк, Пермь). Из-за этого факта доля элементов решётчатой структуры становится ниже установленного порогового значения. Другой фактор, снижающий распознаваемость данного типа — ограниченность алгоритма, оценивающего локальную гомогенность кварталов: на рис. 4 видно, что многие периферийные кварталы не были признаны решётчатыми; им не хватило соседей, похожих по форме на них. Кроме того, алгоритм не устойчив к наличию диагональных улиц (восточная часть г. Кирова или более яркий пример — Вашингтон).

Критерий распределения направлений дорожных фрагментов эффективен для городов, чьи улицы имеют только два генеральных направления (Анапа, Кокшетау, Киров), а не несколько решётчатых фрагментов, которые расположены друг относительно друга под некоторым углом (Краснодар, Ростов-на-Дону). Ввиду наличия жёстких границ применимости данной подпрограммы её нельзя признать универсальной. Вероятно, основное направление её доработки связано с этапом предварительной кластеризации

дорожной сети по признаку направления улиц, которая позволит анализировать распределение азимутов на малых участках.

Табл. 1. Экспериментальный набор населённых пунктов, распределённый по типам рисунков на основе визуального анализа

Table 1. An experimental set of settlements, distributed by type of drawing based on visual analysis

№	Тип рисунка		
	Решётчатый	Радиально-кольцевой	Смешанный
1	Анапа	Амстердам	Астрахань
2	Барнаул	Атланта	Великие Луки
3	Бежецк	Брюссель	Владивосток
4	Бишкек	Екатеринбург	Каунас
5	Донецк	Ереван	Красноярск
6	Калач-на-Дону	Индианаполис	Крымск
7	Кимры	Калининград	Новосибирск
8	Киров	Колумбус	Рига
9	Кокшетау	Копенгаген	Рязань
10	Краснодар	Мальмё	Серпухов
11	Майкоп	Милан	Солигалич
12	Пермь	Москва	Сочи
13	Ростов-на-Дону	Падеборн	Сыктывкар
14	Славянск-на-Кубани	Рим	Улан-Удэ
15	Усть-Лабинск	Ташкент	Челябинск
	80 %	67 %	93 %

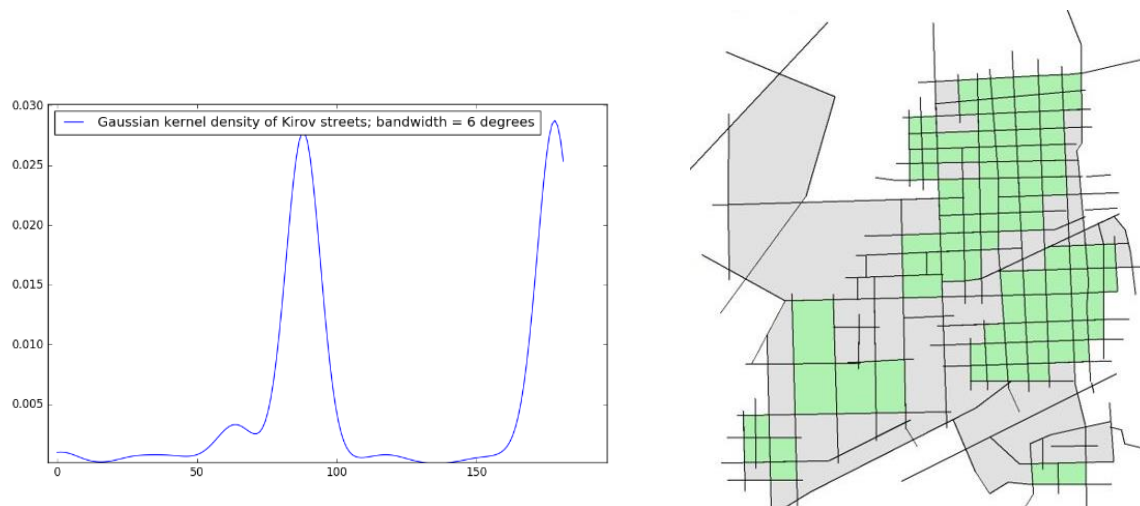
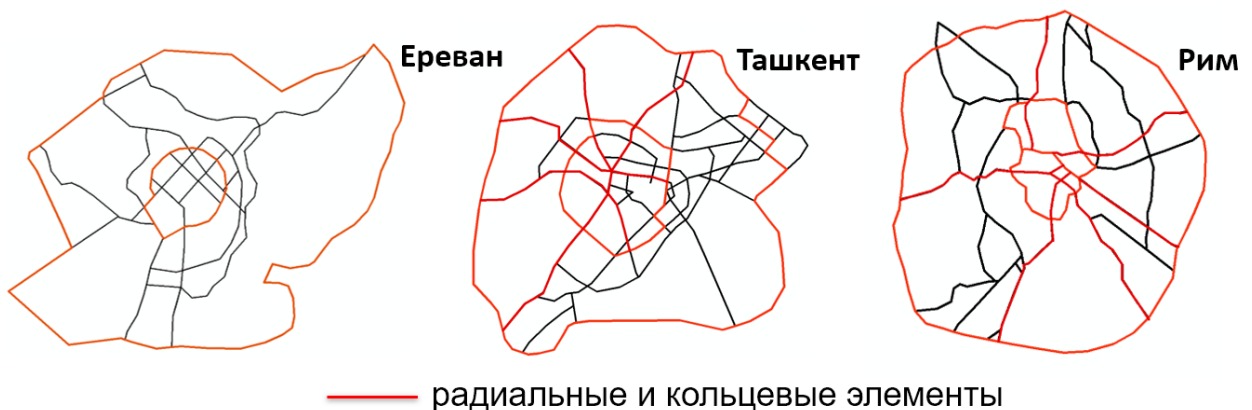


Рис. 4. Результат работы инструмента с дорожной сетью г. Кирова: ядерная оценка плотности распределения азимутов фрагментов улиц (слева) и слой маркированных кварталов (справа, зелёный)

Fig. 4. The result of the script's work with Kirov road network: a nuclear estimate of the distribution density of street fragments azimuths (on left) and the layer of marked quarters (on right, green)

Эталонные примеры радиально-кольцевой планировки (Москва, Рим, Милан) были распознаны успешно. На рис. 5 показано, какие элементы идентифицируются инструментом как кольца и радиусы. Выделение колец в дорожной сети — наиболее многовариантная операция относительно элементов других рисунков как для человека, так и для компьютера. Например, внутренние кольца Ташкента и Рима человек, вероятно, провёл бы несколько иначе, избегая большого количества поворотов под острыми углами. Кольца и радиусы — составляющие планировочного каркаса поселения, следовательно, являются магистральными дорогами с повышенными транспортными и пешеходными потоками. Поэтому модернизация данного алгоритма может быть связана с привлечением информации о классе дороги для выбора маршрутов по более значимым из них, по крайней мере, на этапе тестирования инструмента для выявления дополнительных геометрических параметров, свойственных магистралям.

В тестовом наборе данных присутствовали населённые пункты, которые визуально относились к группе радиально-кольцевых, но формально имели не кольца, а подковы (незамкнутые кольца). Такое явление характерно для приморских городов: Калининграда, Копенгагена, Амстердама. Инструмент не обнаруживает замкнутые фигуры и поэтому не может распознать их как радиально-кольцевые.



*Рис. 5. Результаты работы инструмента поиска радиально-кольцевых элементов дорожной сети*  
*Fig. 5. The results of the automated search of radial-ring elements in the road network*

Предельным случаем «подковообразной» планировки можно назвать веерный рисунок, встречающийся во многих исторических центрах российских городов. К подобному типу можно отнести и планировку г. Мальмё. Дополнительно с целью исследования именно таких планировочных структур были проанализированы дорожные сети Дзержинска, Великого Новгорода, Любима, Костромы и Ростова Великого. В малых городах (Ростове, Любиме) и Костроме была выделена внешняя граница веера и внутреннее кольцо (площадь); радиусы не распознавались. В крупных городах, как правило, присутствует кольцевая объездная дорога, смещающая на себя внимание инструмента или фрагменты решётчатой планировки, прямоугольные «кольца» которых оказываются компактнее, чем веерные сегменты, как это обнаружилось для Великого Новгорода.



При наличии колец радиальные элементы распознавались успешно во всех населённых пунктах, кроме тех, у которых в пределах внутреннего кольца присутствует решётчатая планировка (например, г. Ереван) — она удлиняет маршрут до точки пересечения с кольцом, в результате чего потенциальные радиусы не удовлетворяют критерию расстояния.

Категория смешанной планировки визуально и алгоритмически определялась как не имеющая признаков решётчатой или радиально-кольцевой, поэтому данная группа не является индикатором эффективности работы алгоритма по распознаванию рисунков, а предназначена для проверки на наличие грубых ошибок. Многие из проанализированных дорожных сетей имели фрагменты решётчатой планировки, которые были промаркированы алгоритмом, и одиночные кольца.

## ВЫВОДЫ

Использованные в работе алгоритмы дали возможность различать два наиболее частых типа планировок — регулярную и радиально-кольцевую. Они эффективно работают на эталонных примерах дорожных сетей подобных типов, но не всегда справляются с их модификациями. Тем не менее, описанный индуктивный подход в распознавании рисунков городов, по мнению авторов, является более перспективным, чем попытка их классификации на основе универсального набора признаков, как это делается при распознавании отдельных объектов по морфометрическим признакам.

Дальнейшее направление исследования темы связано с изучением влияния масштаба на качество работы алгоритмов распознавания, разработкой алгоритмов для распознавания большего числа планировок, в первую очередь веерных, и машинного «узнавания» рисунков конкретных населённых пунктов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лабутина И.А.* Дешифрирование аэрокосмических снимков. М.: АСПЕКТ ПРЕСС, 2004. 184 с.
2. *Ланно Г.М.* География городов: Учебное пособие для географических факультетов вузов. М.: Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС, 1997. 480 с.
3. *Перцик Е.Н.* Геоурбанистика: учебник. М.: Академия, 2009. 432 с.
4. *Шурыгина А.А., Самсонов Т.Е.* Исследование и систематизация морфометрических характеристик основных классов объектов общегеографических карт. Научные исследования молодых учёных-картографов, выполненные под руководством сотрудников кафедры картографии и геоинформатики географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. М.: КДУ, 2017. С. 110–121.
5. *Яргина З.Н., Косицкий Я.В., Владимиров В.В., Гутнов А.Э., Микулин Е.М.* Основы теории градостроительства. Учебник для архитектурных специальностей вузов. М.: Стройиздат, 1986. С. 65–75.
6. *Costea D., Leordeanu M.* Aerial image geolocalization from recognition and matching of roads and intersections. ArXiv:1605.08323. Computer Science. BMVC, 2016. DOI:10.5244/c.30.118.
7. *Heinzle F., Anders K.-H., Sester M.* Graph based approaches for recognition of patterns and implicit information in road networks. Proceedings of the 22<sup>nd</sup> International Cartographic Conference, A Coruña, 2005. DOI: 10.1007/978-3-642-19143-5\_24.
8. *Li W., Goodchild M. F., Church R.* An efficient measure of compactness for two-dimensional shapes and its application in regionalization problems. International Journal of Geographical Information Science, 2013. No 27 (6). P. 1227–1250. DOI: 10.1080/13658816.2012.752093.
9. *Marshall S.* Streets and patterns. Routledge, 2004. 336 p.

10. Newman M. Networks. Oxford: Oxford University Press, 2018. 800 p.
11. Schemala D., Schlesinger D., Winkler P., Herold H., Meinel G. Semantic segmentation of settlement patterns in gray-scale map images using RF and CRF within an HPC environment. GEOBIA 2016: Solutions and Synergies. University of Twente, Faculty of Geo-Information and Earth Observation (ITC), 2016. DOI:10.3990/2.420.
12. Stoter J., Burghardt D., Duchêne C., Baella B., Bakker N., Blok C., Pla M., Regnaud N., Touya G., Schmid St. Methodology for evaluating automated map generalization in commercial software. Computers, Environment and Urban Systems, 2009. V. 33. No 5. P. 311–324. DOI: 11.1016/j.compenvurbsys.2009.06.002.
13. Tian J., Song Z., Gao F., Zhao F. Grid pattern recognition in road networks using the C4.5 algorithm. Cartography and Geographic Information Science, 2016. V. 43. Iss. 3. P. 266–282. DOI: 10.1080/15230406.2015.1062425.
14. Wieland M., Pittore M. Large-area settlement pattern recognition from Landsat-8 data. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2016. V. 119. P. 294–308. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2016.06.010.
15. Zahn C.T. Graph-theoretical methods for detecting and describing gestalt clusters. IEEE Transactions on Computers, 1971. V. 100. No 1. P. 68–86. DOI: 10.1109.T-C.1971.223083.

## REFERENCES

1. Costea D., Leordeanu M. Aerial image geolocalization from recognition and matching of roads and intersections. ArXiv:1605.08323. Computer Science. BMVC, 2016. DOI:10.5244/c.30.118.
2. Heinzle F., Anders K.-H., Sester M. Graph based approaches for recognition of patterns and implicit information in road networks. Proceedings of the 22<sup>nd</sup> International Cartographic Conference, A Coruña, 2005. DOI: 10.1007/978-3-642-19143-5\_24.
3. Labutina I.A. Aerospace imagery. Moscow: ASPECT PRESS, 2004. 184 p. (in Russian).
4. Lappo G.M. Geography of cities: Textbook for geographic faculties of universities. Moscow: Humanitarian Publishing Center VLADOS, 1997. 480 p. (in Russian).
5. Li W., Goodchild M. F., Church R. An efficient measure of compactness for two-dimensional shapes and its application in regionalization problems. International Journal of Geographical Information Science, 2013. No 27 (6). P. 1227–1250. DOI: 10.1080/13658816.2012.752093.
6. Marshall S. Streets and patterns. Routledge, 2004. 336 p.
7. Newman M. Networks. Oxford: Oxford University Press, 2018. 800 p.
8. Pertsik E.N. Urban geography: Textbook. Moscow: Academy, 2009. 432 p. (in Russian).
9. Schemala D., Schlesinger D., Winkler P., Herold H., Meinel G. Semantic segmentation of settlement patterns in gray-scale map images using RF and CRF within an HPC environment. GEOBIA 2016: Solutions and Synergies. University of Twente, Faculty of Geo-Information and Earth Observation (ITC), 2016. DOI:10.3990/2.420.
10. Shurygina A.A., Samsonov T.E. Analysis and systematization of morphometric characteristics of major classes of geographic maps' objects. Scientific research of young scientists-cartographers performed under the guidance of the staff of the Department of Cartography and Geoinformatics of the Geographical Faculty of MSU named after M.V. Lomonosov. Moscow: KDU, 2017. P. 110–121 (in Russian).
11. Stoter J., Burghardt D., Duchêne C., Baella B., Bakker N., Blok C., Pla M., Regnaud N., Touya G., Schmid St. Methodology for evaluating automated map generalization in commercial software. Computers, Environment and Urban Systems, 2009. V. 33. No 5. P. 311–324. DOI: 11.1016/j.compenvurbsys.2009.06.002.
12. Tian J., Song Z., Gao F., Zhao F. Grid pattern recognition in road networks using the C4.5 algorithm. Cartography and Geographic Information Science, 2016. V. 43. Iss. 3. P. 266–282.

DOI: 10.1080/15230406.2015.1062425.

13. *Wieland M., Pittore M.* Large-area settlement pattern recognition from Landsat-8 data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2016. V. 119. P. 294–308. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2016.06.010.

14. *Yargina Z.N., Kositsky Y.V., Vladimirov V.V., Gutnov A.E., Mikulin E.M.* Fundamentals of the theory of urban planning. Textbook for architectural specialties of universities. Moscow: Stroyizdat, 1986. P. 65–75 (in Russian).

15. *Zahn C.T.* Graph-theoretical methods for detecting and describing gestalt clusters. *IEEE Transactions on Computers*, 1971. V. 100. No 1. P. 68–86. DOI: 10.1109/T-C.1971.223083.

---