

## АЛГОРИТМ ПОКРЫТИЯ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ОБЪЕКТАМИ ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

**Л.Я. КОЧАРЯН**

*Кубанский государственный технологический университет,  
350002, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2,  
электронная почта: likoch2010@yandex.ru*

Рассмотрена задача рационального размещения на территории города объектов инфраструктуры, таким образом, чтобы покрывать равномерно всю площадь. В качестве элементов покрытия используются квадраты с последующим переходом к описанным вокруг них окружностям. Приведен алгоритм решения задачи.

**Ключевые слова:** городская территория, покрытие, алгоритм, квадрат, площадь, многоугольник, фигура.

Учреждения и предприятия обслуживания (административные, культурные, лечебные, торговые и др.) формируют центры и сети, структура и состав которых определяется спецификой данного вида обслуживания, требованиями развития системы в целом, а также величиной и архитектурно-планировочной структурой населенных мест. Для обеспечения комплексного обслуживания населения, снижения затрат (материальных и временных) на конкретный вид услуг, следует оптимально размещать данные объекты с учетом их функций и радиуса обслуживания. [1] Это позволит обеспечить рациональную эксплуатацию и интенсивность использования городских территорий с учетом требований перспективного развития населенных пунктов. Реализовать эту задачу можно с помощью методов математического моделирования.

Предлагаемый в настоящей работе метод направлен на рациональное размещение группы объектов обслуживания населения в пределах исследуемой территории, в том числе, с определением конкретных координат. Метод использует аппарат графоаналитики, опираясь в большей степени на метрические, а не на временные факторы. Основное отличие временных характеристик от метрических состоит в том, что временные отражают качество функционирования города с точки зрения потребителей (населения), а

в основе метрических содержатся конструктивные элементы решений, обеспечивающих заданное качество функционирования. В сфере градостроительного проектирования через метрические характеристики можно управлять процессом развития планировки города. Выделение количественной меры метрических факторов в формировании взаимной доступности объектов города позволяет констатировать, что поиски оптимальных решений по расположению объектов инфраструктуры необходимо, прежде всего, искать в сфере планировочного проектирования. Такая постановка упрощает задачу, но вносит дополнительную погрешность при моделировании.

Метрическая группа факторов учитывает влияние территории, размещение объектов и геометрическое начертание реальных транспортных связей. Если территорию города разбить на систему идентичных элементов с потенциальной возможностью размещения объектов (торговый центр, поликлиника и т.д.) в центре элемента, то взаимная удаленность территории, а, следовательно, и кратчайших связей объектов будет иметь один центр наименьшей удаленности территории по отношению ко всем другим пунктам. Отсюда возникает задача расположения выбранных фигур внутри заданной плоскости, таким образом, чтобы полностью ее покрыть. Оптимальное расположение должно обеспечивать минимизацию числа используемых для покрытия фигур.

Для решения задачи покрытия территории города воспользуемся в качестве первого приближения более простыми алгоритмами замощения заданной площади. Отличие задачи упаковки в том, что используемые при ее решении детали не пересекаются и в итоговой упаковке могут оставаться пустоты; в задачах покрытия детали могут пересекаться, а пустот в итоговом решении нет. В элементарной теории замощения площади объектов произвольной конфигурации важную роль играют некоторые принципы. Один из них гласит, что формы правильных многоугольников экономичнее, чем неправильных. Экспериментально доказано [2], что чем больше разница в длине смежных сторон прямоугольника, тем он менее экономичен как с точки

зрения доступности из центра, так и по длине периметра. Проблема замощения плоскости одинаковыми правильными многоугольниками была впервые изучена Кеплером в начале XVII в. Кеплер нашел, что имеется три решения: правильный треугольник, правильный квадрат и правильный шестиугольник[3].

В данной работе предложен следующий алгоритм: упаковка заданной контролируемой площади суммой квадратов равных площадей. Реализация алгоритма начинается с выполнения следующих операций:

- карта территории города накладывается на координатную сетку;
- определяются координаты узловых точек по периметру территории, формирующие многоугольник, приближенно описывающий площадь населенного пункта;
- в полученном многоугольнике определяются узловые точки, имеющие минимальные и максимальные значения координат по горизонтали и вертикали (точки A, B, C, D);
- через точки A, B, C, D строим прямоугольник, полностью покрывающий территорию города.

Упаковка начинается с размещения квадратов заданной площади от левого нижнего угла прямоугольника. Выбор площади квадрата (замощающей фигуры) определяется исходя из заданного поля тяготения размещаемого объекта, которое характеризуется предельным или допустимым радиусом, равного половине диагонали соответствующего квадрата. После заполнения прямоугольника выбранными фигурами проводится проверка принадлежности каждой детали исходному многоугольнику. Очевидно, что существует множество многоугольников одинаковой площади, но с различной по длине и случайно ориентированной в координатной плоскости линией периметра. Это приводит к тому, что размеры и число квадратов в сумме являющихся точной оценкой площади, как правило, невозможно упаковать в заданный многоугольник. Такой случай, например, имеет место для узких и протяженных участков. В этом случае, выбранный алгоритм приводит к неэкономичности

замощения, измеряемой или излишне замощенной площадью или незамощенной.

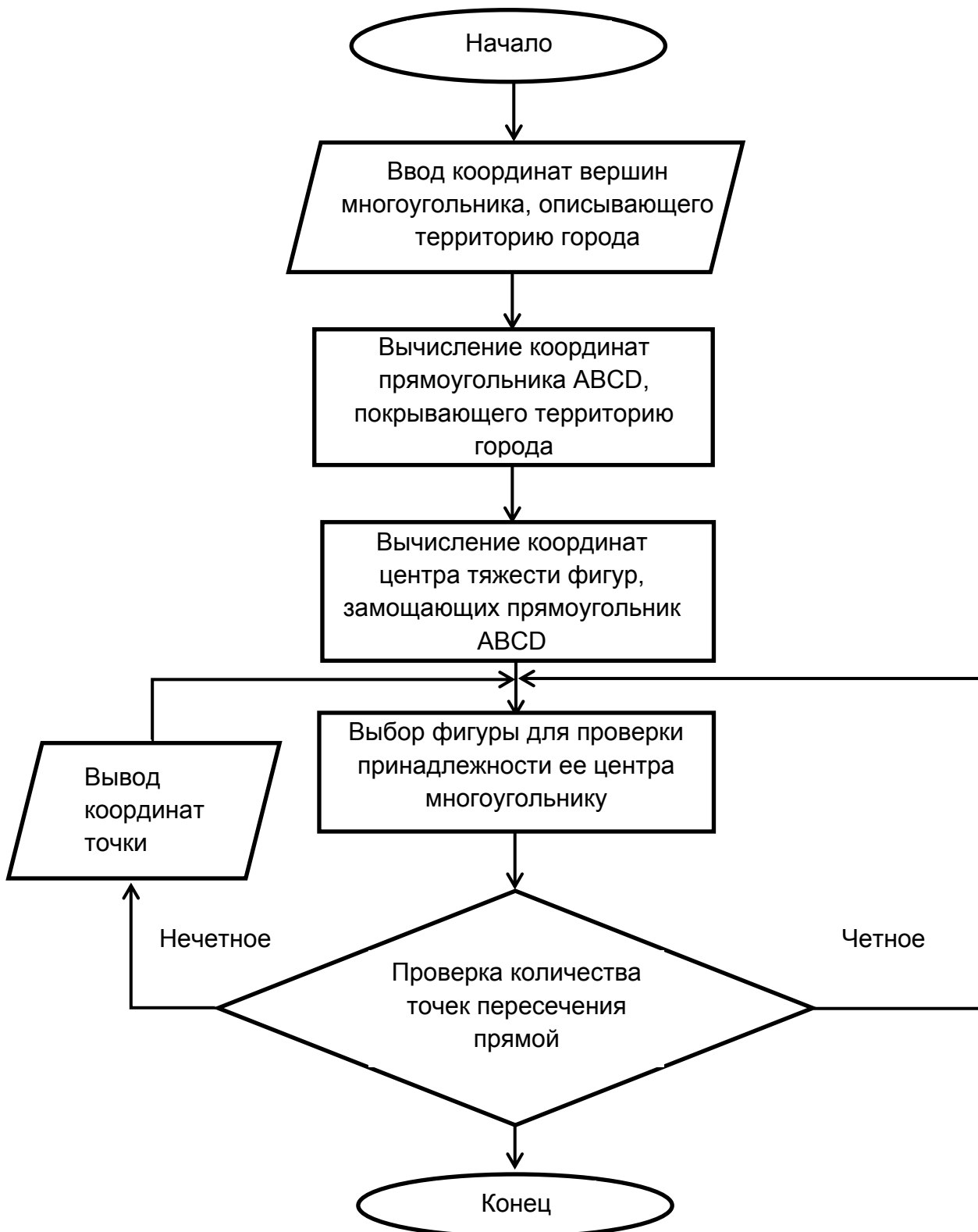


Рисунок 1- Алгоритм покрытия площади

Для реализации описанного алгоритма была создана программа с помощью математического пакета MathCad. Программа позволяет провести

проверку принадлежности квадратов покрываемой фигуре. Для этого проводится проверка принадлежности центра квадрата (точка пересечения диагоналей) многоугольнику известным методом аналитической геометрии. Идея метода в том, что если через заданную точку провести луч в произвольном направлении, то по числу пересечений этой прямой со сторонами многоугольника можно однозначно определить, лежит ли точка внутри или снаружи. Если число пересечений нечетное, то точка лежит внутри многоугольника, нечетное – снаружи.

Переход от задачи замощения заданного многоугольника к задаче покрытия территории города осуществляется за счет замены выделенных квадратов на окружности, описанные вокруг него. Это допущение приближает модель к реальной территории города в условиях равной доступности перемещения в произвольном направлении. Однако, в результате этого появляются участки перекрытия площадей квадратов, которые могут составлять от 74,4 до 99,2 % площади покрываемого многоугольника. Процент перекрытия зависит от формы территории (рисунок 2).

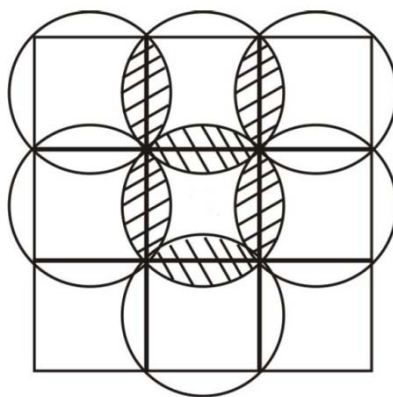


Рисунок 2 – Покрытие кругами многоугольника

Для оценки экономичности покрытия фигурами используют параметр  $w$ , который можно вычислить по формуле [4]:

$$w = \frac{S_{\text{тсп}}}{F_{\phi}},$$

где  $S_{\text{тер}}$  – площадь заданного многоугольника (территории);

$F_\phi$  – наибольшая площадь, которую можно полностью покрыть выбранными фигурами (кругами).

В таком случае, число  $w$  показывает, какую часть плоскости можно заполнить рассматриваемыми выпуклыми фигурами при условии наиболее тесного их расположения или, по-другому, какая часть полной суммы площадей фигур полезно используется при наиболее экономичном покрытии плоскости. Для рассмотренной в качестве примера задачи покрытия площади выпуклой фигуры в 29850 условных единиц, данные об экономичности представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Экономичность покрытия фигуры деталями разного размера

Размер стороны квадрата, усл. ед.	Размер площади детали, кв. усл. ед.	Количество используемых деталей, шт.	Коэффициент эффективности, %
50	2500	14	85,3
80	6400	6	77,7
100	10000	4	74,6

Таким образом, видно, что повышение эффективности алгоритма достигается уменьшением квадратов до приемлемых размеров.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кочарян Л.Я. Влияние удаленности локальной городской территории от геометрического центра города на стоимость недвижимости. Электронный научный журнал: Региональная экономика и управление. – 2013. -№4(3606). URL: <http://eee-region.ru/article/3605/>
2. Сосновский В.А., Русакова Н.С. Прикладные методы градостроительных исследований. Учеб. пособие. – М.: «Архитектура-С», 2006. 112 с.
3. Хагетт П. Пространственный анализ в экономической географии. – М.: Изд. «Прогресс», 1968. 390 с.
4. Тот Л.Ф. Расположения на плоскости, на сфере и в пространстве. - М.: Гос. Изд. Физ.- Мат. Лит., 1958. 363 с.

## REFERENCES

1. Kocharyan L.Ya. Vliyanie udalennosti lokalnoy gorodskoy territorii ot geometricheskogo tsentra goroda na stoimost nedvizhimosti. Elektronnyy nauchnyy zhurnal: Regionalnaya ekonomika i upravlenie. – 2013. -№4(3606). URL: <http://eee-region.ru/article/3605/>
2. Sosnovskiy V.A., Rusakova N.S. Prikladnye metody gradostroitelnykh issledovaniy. Ucheb. posobie. – M.: «Arkhitektura-S», 2006. 112 s.
3. Khagett P. Prostranstvennyy analiz v ekonomicheskoy geografii. – M.: Izd. «Progress», 1968. 390 s.
4. Tot L.F. Raspolozheniya na ploskosti, na sfere i v prostranstve. - M.: Gos. Izd. Fiz.- Mat. Lit., 1958. 363 s.

*THE ALGORITHM COATING CITY BY OBJECTS OF SERVICE POPULATION***L.YA. KOCHARYAN**

*Kuban State Technological University,  
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350002,  
e-mail: likoch2010@yandex.ru*

The article considers the problem of rational placement on the territory of the city infrastructure, thus, to cover evenly the whole square. As elements of coatings are used squares with subsequent transition to described circles around them. In the article the algorithm of solving the problem.

**Key words:** urban area, covering, algorithm, square, polygon, the figure.