

УДК 004.021

**Ризванов Константин Анварович**, доцент кафедры автоматизированных систем управления, Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа

**Латыпов Айнур Дамирович**, магистрант, Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа

**Гильванов Камил Владиславович**, магистрант, Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа

## **МЕТОДЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ФИЛИАЛОВ СЕТИ БАНКА**

**Аннотация.** В статье рассматривается актуальная проблема оптимизации расходов банковской сферы в условиях снижения посещаемости офисов из-за роста использования дистанционного банковского обслуживания (ДБО). Основное внимание уделено необходимости рационального размещения банковских филиалов с целью снижения затрат на аренду, ремонт, содержание персонала и коммунальные услуги, при сохранении удобства для клиентов. Для решения данной задачи предлагается использовать методы пространственного анализа, включающие анализ зон охвата, гравитационные модели (модель Хаффа), кластерный анализ и пространственную регрессию. Эти методы позволяют выявить оптимальные места для открытия или закрытия офисов, оценить эффективность существующей сети и прогнозировать спрос на услуги. В работе также описаны источники данных для анализа, включая демографические, экономические, транспортные и конкурентные показатели. Практические примеры применения пространственного анализа демонстрируют его эффективность для оптимизации банковской сети и сокращения издержек.

**Annotation.** The article discusses the current problem of optimizing the costs of the banking sector in the context of a decrease in office attendance due to the increasing use of remote banking services. The main attention is paid to the

need for rational placement of bank branches in order to reduce the cost of rent, repairs, staff maintenance and utilities, while maintaining convenience for customers. To solve this problem, it is proposed to use spatial analysis methods, including coverage area analysis, gravity models (Huff model), cluster analysis and spatial regression. These methods make it possible to identify optimal locations for opening or closing offices, evaluate the effectiveness of the existing network, and predict demand for services. The paper also describes data sources for analysis, including demographic, economic, transportation, and competitive indicators. Practical examples of spatial analysis applications demonstrate its effectiveness in optimizing the banking network and reducing costs.

**Ключевые слова:** банковская сфера, оптимизация расходов, дистанционное банковское обслуживание, филиальная сеть, пространственный анализ, анализ зон охвата, гравитационные модели, модель Хаффа, кластерный анализ, пространственная регрессия, оптимизация филиалов, банковские издержки, геоданные, клиентская база.

**Keywords:** banking, cost optimization, remote banking, branch network, spatial analysis, coverage area analysis, gravity models, Huff model, cluster analysis, spatial regression, branch optimization, banking costs, geodata, customer base.

В настоящий момент банковская сфера сталкивается с необходимостью оптимизации расходов и эффективного размещения офисов и отделений. В условиях того что многие банковские операции проводятся через ДБО (мобильное приложение, интернет-банкинг) необходимость посещения клиентом отделений банка снижается. Из-за снижения потребности клиентов в банковских отделениях банки ищут способы снижения расходов и содержания каждого отделения.

Поскольку в содержание офиса входит: оплата аренды, расходы на ремонт и техническое обслуживание зданий, затраты на содержание персонала офисов (зарплата, налоги, социальные отчисления и другие выплаты), коммунальные расходы офиса и прочие расходы у банков есть потребность в

снижения данных расходов если филиал не пользуется популярностью у клиентов. Перед банком стоит задача понять в каком районе города необходимо распуścić офис и в каком открыть офис. Также офис должен оставаться доступным и удобным для клиента. Для этого необходимы данные по каждому району – стоимость аренды помещения, плотность населения, расстояния до ближайшей остановки/метро, платежеспособность населения.

Инструменты пространственного анализа позволяют решить данный вопрос. Рассмотрим ключевые методы пространственного анализа, их применение для оптимизации банковской сети, а также практические примеры использования этих технологий.

### **Пространственный анализ в банковской сфере.**

Пространственный анализ – это методология изучения данных с географической привязкой, объединяющая ГИС-технологии, математическую статистику и компьютерное моделирование для выявления пространственных закономерностей, взаимосвязей и прогнозирования [4][5][6].

В банковском секторе он применяется для:

- определения оптимальных мест для открытия новых филиалов;
- оценки эффективности существующей сети;
- анализа конкурентной сети;
- прогнозирования спроса на банковские услуги.

### **Источники данных для пространственного анализа**

Для проведения анализа используются следующие данные:

- демографические (плотность населения, доходы, возрастная структура);
- экономические (уровень деловой активности, наличие торговых центров, офисов);
- транспортные (доступность общественного транспорта, загруженность дорог);
- данные о клиентах (геолокация транзакций, частота посещений филиалов);

- конкурентные (расположение отделений других банков).

Эти данные могут быть получены из открытых источников (Росстат, муниципальные базы), коммерческих поставщиков (2GIS, Yandex) и внутренней аналитики банка.

## **Методы пространственного анализа для оптимизации филиалов**

### **1. Анализ зон охвата (Buffer Analysis).**

Метод предполагает построение буферных зон вокруг существующих филиалов для оценки покрытия. Если в определенном районе наблюдается недостаток банковских услуг, это может стать основанием для открытия нового отделения.

Пример:

- Снижение затрат: Ликвидация дублирующих филиалов в зонах перекрытия.
- Расширение клиентской базы: Открытие мини-офисов в "белых пятнах" с высокой потенциальной активностью.
- Оценка эффективности: Сравнение зон охвата до и после оптимизации сети отделений.



Рисунок 1 – пример зоны охвата

### **2. Гравитационные модели (Huff Model).**

Вероятностный метод пространственного анализа, предсказывающий распределение клиентов между точками обслуживания (например банковскими филиалами) на основе их привлекательности и доступности. Модель применяется в банковском секторе для оптимизации филиальной сети, прогнозирования спроса и оценки конкуренции.

$$P_{ij}^J = \frac{\frac{A_j}{D_{ij}^\beta}}{\sum_{k=1}^n \left(\frac{A_k}{D_{ik}^\beta}\right)}$$

где:

$P_{ij}$  — вероятность посещения клиентом  $i$  филиала  $j$ ;

$A_j$  — привлекательность филиала (размер, спектр услуг);

$D_{ij}$  — расстояние/время доступа от клиента  $i$  до филиала  $j$ ;

$\beta$  — коэффициент чувствительности к расстоянию.

Применение в банковском секторе:

- Оптимизация филиальной сети:

Выявление перспективных локаций для новых отделений с учётом конкуренции (например, через анализ «балла Хаффа» для точек-кандидатов).

Оценка влияния закрытия филиала на перераспределение клиентского потока.

- Прогнозирование депозитов и кредитов:

Регрессионные модели на основе гравитационных параметров ( $\beta, \gamma$ ) объясняют до 65% вариации объёмов привлечённых средств.

Пример из практики:

«Магнит»: Модель Хаффа применяется для расчёта зон влияния магазинов с поправкой на пешеходную доступность и «штрафы» за пересечение дорог [9].

### 3. Кластерный анализ

Кластерный анализ в банковском секторе применяется для структурирования данных, выявления однородных групп и оптимизации стратегий.

Методы кластеризации:

- Иерархический подход (метод Уорда, полной/одиночной связи). Используется для построения дендрограмм, визуализирующих процесс объединения объектов в кластер. Например, можно выделить 5 кластеров филиальных банков РФ по числу подразделений [10].

- Метод k-средних (k-means). Оптимизирует распределение объектов вокруг центроидов. Применяется для сегментации банков по финансовым показателям. Из ограничений – требуется предварительно задать число кластеров [11][12].

- EM – метод (Expectation-Maximization). Основан на вероятностном распределении данных. Эффективен при работе с неявными паттернами [11].

Практическое применение:

- Типология филиальных сетей. Кластеризация по числу подразделений выделяет группы – многофилиальные банки, банки с региональной сетью.

- Оптимизация клиентской базы. Сегментация клиентов по транзакциям и геоданным с помощью нейронных сетей.

#### 4. Пространственная регрессия

Пространственная регрессия - метод эконометрического анализа, учитывающий пространственные зависимости и неоднородность данных. В банковском секторе применяется для моделирования региональных финансовых процессов, прогнозирования рисков и оптимизации филиальных сетей.

Ключевые типы моделей:

- Пространственная авторегрессия (SAR):

Учитывает влияние соседних регионов через весовую матрицу (например, расстояние между филиалами). Пример:

$$y_i = \rho \sum_{j=1}^n \omega_{ij} y_j + X_i b + \varepsilon_i$$

где  $\rho$  - параметр пространственной зависимости,  $\omega_{ij}$  - вес связи между объектами  $i$  и  $j$ .

- Пространственная ошибка (SEM): это пространственно-эконометрическая модель, используемая для анализа данных с региональной или географической структурой, когда наблюдения (например, регионы, страны) связаны между собой пространственное и стандартное предположение о независимости ошибок регрессии нарушается [13].

$$Y = X\beta + \varepsilon$$

$$\varepsilon = \lambda W\varepsilon + u$$

где  $Y$  - зависимая переменная,  $X$  - матрица объясняющих переменных,  $\beta$  - вектор коэффициентов,  $\varepsilon$  - вектор ошибок с пространственной зависимостью,  $W$  - пространственная весовая матрица,  $\lambda$  - коэффициент пространственной корреляции ошибок,  $u$  - случайные ошибки с нормальным распределением.

Применение в банковском секторе:

Оптимизация филиальной сети: Анализ влияния расстояния до конкурентов и плотности населения на прибыльность отделений

## Литература

1. Agoha Chidiebere Charles, Awuzie Armstrong, Onwubuariri Chukwuebuka Nnamdi, Mgbeojedo Tochukwu Innocent, Njoku Joy Obiageri, Akiang Francis Begianpuye, Epuerie Emeka Timothy. Review of Spatial Analysis as a Geographic Information Management Tool - American Journal of Engineering and Technology Management, 2024 – 12 с.
2. А.В. Белоусова. УРОВЕНЬ БЕДНОСТИ В РФ: ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ – Вестник Института экономики Российской академии наук, 2020 – 16 с.
3. Расходы банка URL: [https://www.banki.ru/wikibank/rashodyi\\_kommercheskogo\\_banka/](https://www.banki.ru/wikibank/rashodyi_kommercheskogo_banka/)
4. Пространственный анализ в ArcGIS Pro. URL: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/latest/help/analysis/introduction/spatial-analysis-in-arcgis-pro.htm>
5. Пространственный анализ: как смотреть на данные и видеть больше URL: <https://blogs.epsilonmetrics.ru/spatial-analysis/>
6. М.В. Боченина. Гравитационные модели на ипотечном рынке России – Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2018 – 8 с.
7. С.Г. Кисельгоф, Ф.Т. Алескеров. РАЗМЕЩЕНИЕ ОТДЕЛЕНИЙ БАНКА. ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ – МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ НАУК, 2009 – 11 с.
8. Magnit Tech. Как мы используем модель Хаффа для открытия новых магазинов. URL: <https://habr.com/ru/companies/magnit/articles/717536/>
9. Д.С. Курушин, Е.Е. Васильева. Построение топологии филиальных банков на основе методов кластерного анализа и нейронных сетей, 2017 – 14 с
10. Н.А. Станик, Н.И. Крайнюков. Методы и показатели для кластеризации коммерческих банков, 2020 – 8 с.
11. А.А. Гайдамака, К.Е. Самуйлов. Сравнение методов кластерного анализа в примере с банковскими клиентами – 4 с.
12. Модель с пространственной зависимостью в ошибках. URL: <https://bigenc.ru/c/model-s-prostranstvennoi-zavisimost-iu-v-oshibkakh-32ee2c>
13. Faiza Tufail, Muhammad Shabir, El-Sayed A. Abo-Tabl. A Comparison of Promethee and TOPSIS Techniques Based on Bipolar Soft Covering-Based Rough Sets, 2022
14. Аналитический иерархический процесс. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%>

- [B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9\\_%D0%B8%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9\\_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81](https://www.researchgate.net/publication/351811111/figure/fig/1/figure-pdf?input=1&form=figure-pdf&from_embed=1)
15. Eric U. Oti, Michael O. Olusola, Francis C. Eze, and Samuel U. Enogwe. Comprehensive Review of K-Means Clustering Algorithms. 2021
  16. DBSCAN Clustering Algorithm Demystified. [URL: https://builtin.com/articles/dbscan#:~:text=What%20Is%20DBSCAN%3F-,Density%2Dbased%20spatial%20clustering%20of%20applications%20with%20noise%20\(DBSCAN\),data%20cleaning%20and%20outlier%20detection.](https://builtin.com/articles/dbscan#:~:text=What%20Is%20DBSCAN%3F-,Density%2Dbased%20spatial%20clustering%20of%20applications%20with%20noise%20(DBSCAN),data%20cleaning%20and%20outlier%20detection.)
  17. Иерархическая кластеризация. [URL: https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=%D0%98%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F\\_%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F](https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=%D0%98%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F)
  18. XGBoost. URL: <https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=XGBoost> ; <https://www.nvidia.com/en-us/glossary/xgboost/>
  19. XGBoost Documentation. URL: [https://xgboost.readthedocs.io/en/release\\_3.0.0/](https://xgboost.readthedocs.io/en/release_3.0.0/)
  20. Долгая краткосрочная память URL: [https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=%D0%94%D0%BE%D0%BB%D0%B3%D0%B0%D1%8F\\_%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%80%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D0%BF%D0%B0%D0%BC%D1%8F%D1%82%D1%8C](https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=%D0%94%D0%BE%D0%BB%D0%B3%D0%B0%D1%8F_%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%80%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%B0%D0%BC%D1%8F%D1%82%D1%8C)

## Literature

1. Agoha Chidiebere Charles, Awuzie Armstrong, Onwubuariri Chukwuebuka Nnamdi, Mgbeojedo Tochukwu Innocent, Njoku Joy Obiageri, Akiang Francis Beganpuye, Epuerie Emeka Timothy. Review of Spatial Analysis as a Geographic Information Management Tool - American Journal of Engineering and Technology Management, 2024 – 12 с.
2. A.V. Belousova. THE LEVEL OF POVERTY IN THE Russian FEDERATION: A SPATIAL ANALYSIS – Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences, 2020 – 16 p.
3. Bank expenses URL: [https://www.banki.ru/wikibank/rashodyi\\_kommercheskogo\\_bank/](https://www.banki.ru/wikibank/rashodyi_kommercheskogo_bank/)
4. Spatial analysis in ArcGIS Pro. URL: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/latest/help/analysis/introduction/spatial-analysis-in-arcgis-pro.htm>

5. Spatial analysis: how to look at the data and see more URLs: <https://blogs.epsilonmetrics.ru/spatial-analysis/>
6. M.V. Bochenina. Gravity Models in the Russian Mortgage Market – St. Petersburg State University of Economics, 2018 – 8 p
7. S.G. Kiselhoff, F.T. Aleskerov. PLACEMENT OF BANK BRANCHES. REVIEW OF THE PROBLEM – MATHEMATICAL MODELS OF SOCIAL AND ECONOMIC SCIENCES, 2009 – 11 p.
8. Magnit Tech. How we use the Huff model to open new stores. URL: <https://habr.com/ru/companies/magnit/articles/717536/>
9. D.S. Kurushin, E.E. Vasilyeva. Building a branch bank topology based on cluster analysis and neural network methods, 2017-14 p.
10. N.A. Stadnik, N.I. Kraynyukov. Methods and indicators for clustering commercial banks, 2020 – 8 p.
11. A.A. Gaidamaka, K.E. Samuilov. Comparison of cluster analysis methods in the example of banking clients – 4 p.
12. A model with spatial dependence in error. URL: <https://bigenc.ru/c/model-s-prostranstvennoi-zavisimost-iu-v-oshibkakh-32ee2c>
13. Faiza Tufail, Muhammad Shabir, El-Sayed A. Abo-Tabl. A Comparison of Promethee and TOPSIS Techniques Based on Bipolar Soft Covering-Based Rough Sets, 2022
14. Analytical hierarchical process. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9\\_%D0%B8%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9\\_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B8%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81)
15. Eric U. Oti, Michael O. Olusola, Francis C. Eze, and Samuel U. Enogwe. Comprehensive Review of K-Means Clustering Algorithms. 2021
16. DBSCAN Clustering Algorithm Demystified. URL: <https://builtin.com/articles/dbscan#:~:text=What%20is%20DBSCAN%3F->

[.Density%2Dbased%20spatial%20clustering%20of%20applications%20with%20noise%20\(DBSCAN\),data%20cleaning%20and%20outlier%20detection](#)

17. Hierarchical clustering. URL:  
[https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=%D0%98%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F\\_%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F](https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=%D0%98%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F)
18. XGBoost. URL: <https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=XGBoost> ;  
<https://www.nvidia.com/en-us/glossary/xgboost/>
19. XGBoost Documentation. URL:  
[https://xgboost.readthedocs.io/en/release\\_3.0.0/](https://xgboost.readthedocs.io/en/release_3.0.0/)
20. Long short-term memory URL:  
[https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=%D0%94%D0%BE%D0%BB%D0%B3%D0%B0%D1%8F\\_%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%80%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D0%BF%D0%B0%D0%BC%D1%8F%D1%82%D1%8C](https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=%D0%94%D0%BE%D0%BB%D0%B3%D0%B0%D1%8F_%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%80%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%B0%D0%BC%D1%8F%D1%82%D1%8C)