

DOI 10.46320/2077-7639-2025-3-136-55-60

# Анализ взаимосвязей между ключевыми макроэкономическими переменными и рынком ипотечного кредитования в России: применение теории графов на основе модели ARDL

Розов Р.Д., Рогоза М.В., Кондаков А.С.

В данной статье, используя теорию графов, исследуется структура взаимосвязей между ключевыми макроэкономическими переменными и рынком ипотечного кредитования России. На основе данных ЦБ РФ анализируется влияние ключевой ставки и инфляции на объем выдачи ипотеки, что позволяет выявить значимые факторы.

В условиях экономической неопределенности 2024 года поддержание стабильности рынка ипотечного кредитования приобретает первостепенное значение. В данной статье исследуется влияние ключевых макроэкономических факторов, таких как ключевая ставка и инфляция, на объем выдачи ипотечных кредитов в России. Анализ выявленных взаимосвязей позволяет оценить потенциальные риски и разработать меры по поддержанию устойчивого развития рынка ипотеки.

Применение теории графов визуализирует взаимосвязи между макроэкономическими переменными и рынком ипотеки, позволяя оценить их влияние на динамику и стабильность. Исследование направлено на выявление характеристик графа (центральность узлов) и их роли в формировании объема выдачи ипотеки.

Методы визуализации графов, полезны экономистам и лицам, принимающим решения в области денежно-кредитной политики, способствуют анализу и прогнозированию тенденций на рынке ипотечного кредитования и разработке мер регулирования.

В результате проведенного исследования показано, что применение теории графов позволяет выявить структуру взаимосвязей между ключевыми макроэкономическими факторами и рынком ипотечного кредитования, что способствует более глубокому пониманию механизмов выдачи ипотечных кредитов. Это, в свою очередь, создает основу для разработки эффективных стратегий управления рисками и обеспечения устойчивого развития ипотечного рынка в России.

## для цитирования

Розов Р.Д., Рогоза М.В., Кондаков А.С. Анализ взаимосвязей между ключевыми макроэкономическими переменными и рынком ипотечного кредитования в России: применение теории графов на основе модели ARDL // Дискуссия. – 2025. – Вып. 136. – С. 55–60.

## ГОСТ 7.1-2003

## ключевые слова

Ипотечное кредитование, теория графов, ARDL модель, ключевая ставка, инфляция, взаимосвязи, макроэкономические факторы.

# Analysis of the interrelationships between key macroeconomic variables and the mortgage lending market in Russia: application of graph theory based on the ARDL model

Roman D.R., Rogoza M.V., Kondakov A.S.

This article uses graph theory to study the structure of relationships between key macroeconomic variables and the Russian mortgage lending market. Based on data from the Central Bank of the Russian Federation, the impact of the key rate and inflation on the volume of mortgage lending is analyzed, which helps identify significant factors.

In the context of economic uncertainty in 2024, maintaining the stability of the mortgage lending market is of paramount importance. This article studies the impact of key macroeconomic factors, such as the key rate and inflation, on the volume of mortgage lending in Russia. The analysis of the identified relationships allows us to assess potential risks and develop measures to maintain the sustainable development of the mortgage market.

The use of graph theory visualizes the relationships between macroeconomic variables and the mortgage market, allowing us to assess their impact on dynamics and stability. The study is aimed at identifying the characteristics of the graph (node centrality) and their role in shaping the volume of mortgage lending.

Graph visualization methods are useful for economists and monetary policy makers, facilitating the analysis and forecasting of trends in the mortgage lending market and the development of regulatory measures.

The study showed that the use of graph theory allows us to identify the structure of relationships between key macroeconomic factors and the mortgage lending market, which contributes to a deeper understanding of the mechanisms for issuing mortgage loans. This, in turn, creates the basis for developing effective risk management strategies and ensuring sustainable development of the mortgage market in Russia.

FOR CITATION

Roman D.R., Rogoza M.V., Kondakov A.S. Analysis of the interrelationships between key macroeconomic variables and the mortgage lending market in Russia: application of graph theory based on the ARDL model. *Diskussiya [Discussion]*, 136, 55–60.

APA

KEYWORDS

*Mortgage lending, graph theory, ARDL model, key rate, inflation, relationships, macroeconomic factors.*

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность.** Рынок ипотечного кредитования является важным элементом современной экономики, тесно связанным с ключевыми макроэкономическими переменными. Эти переменные оказывают существенное влияние на объем выдачи ипотечных кредитов, динамику рынка недвижимости и общую экономическую стабильность. Традиционные эконометрические методы, не учитывающие сложные взаимосвязи между этими переменными, часто не позволяют адекватно оценить влияние денежно-кредитной политики и инфляции на ипотечный рынок. Это делает применение теории графов и анализа сетевых структур актуальным и необходимым для понимания и управления рынком ипотечного кредитования в России.

**Научная значимость.** Прикладное использование теории графов в анализе рынка ипотечного кредитования России позволяет визуализировать сложные взаимосвязи между ключевыми макроэкономическими переменными и объемом выдачи ипотечных кредитов, а также выявлять факторы, влияющие на динамику рынка. Для российской экономики, где доступность жилья и стабильность финансового сектора важны, применение этой теории может привести к более точным оценкам влияния денежно-кредитной политики и более обоснованным решениям в области регулирования и поддержки ипотечного рынка.

**Методология.** В данном исследовании методология основана на применении теории графов и эконометрического моделирования (ARDL) для анализа рынка ипотечного кредитования России. Для построения графа взаимосвязей использованы данные из открытых источников Центрального Банка РФ. Количественный анализ включает расчет метрик теории графов (центральность) и оценку влияния ключевой ставки и инфляции на объем выдачи ипотечных кредитов.

Целью данного исследования является анализ и визуализация структуры взаимосвязей между ключевыми макроэкономическими переменными и рынком ипотечного кредитования в России с использованием теории графов, а также оценка влияния ключевой ставки и инфляции на объем выдачи ипотечных кредитов в период с 2022 по 2024 годы.

Данное исследование опирается на широкий спектр научной литературы, охватывающей теоретические основы теории графов, методы эконометрического моделирования (ARDL) и их применение в анализе финансовых рынков и ма-

кроэкономики. Рассмотрены работы, посвященные моделированию взаимосвязей между макроэкономическими переменными, анализу влияния денежно-кредитной политики и инфляции на рынок ипотечного кредитования, а также современные исследования, посвященные моделированию и прогнозированию динамики ипотечного рынка.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

— Графом  $\Gamma = (X, U)$  называют совокупность двух множеств: вершин  $X$  и ребер  $U$ , между элементами которых определено отношение инцидентности. [1, 8]

— Взвешенный граф: граф, в котором ребрам присвоены веса, отражающие силу или интенсивность взаимосвязи.

— Путь: последовательность вершин, соединенных ребрами.

— Степенная центральность – разновидность индекса центральности, в которой наиболее центральной является та вершина, которая имеет наибольшее число связей с другими вершинами.

ARDL-моделирование – это эконометрический метод анализа временных рядов, используемый для исследования динамических взаимосвязей между переменными [2, с. 102].

## Методы моделирования зависимостей в экономике России

Для применения моделирования и дальнейшего построения графа необходимо получить актуальные данные. Таковые доступны на таких ресурсах как:

— Росстат (<https://www.gks.ru>) – для данных о инфляции;

— ЦБ РФ (<https://cbk.ru/>) – для данных о видах кредитов и объемах выданных кредитов по видам.

В этом исследовании будет использована информация за 2022 – 2024 годы. Например, данные по инфляции, ключевой ставке и объеме выданных кредитов можно проанализировать и представить в виде временных рядов. На основе данных за 2022 – 2024 год можно получить следующие значения:

— Выданные кредиты на ипотеку по месяцам в млн. руб.: 641, 326, 476, 521, 161, 139, 253, 341, 457, 518, 448, 470, 281.6, 422.4, 569.4, 566.1, 580.5, 626.7, 646.5, 849.1, 955.2, 769.6, 725.1, 785.5, 271.7, 332.8, 447.3, 465.8, 545.7, 788.5, 356.0, 375.1, 372.8, 367.1, 274.4, 291.1;

— Ключевая ставка: 8.5, 8.5, 20, 17, 14, 11, 9.5, 8.8, 7.5, 7.5, 7.5, 7.5, 7.5, 7.5, 7.5, 7.5, 7.5, 8.5, 12, 13, 15, 16, 16, 16, 16, 16, 16, 18, 19, 20, 21, 21;

— Инфляция: 8.73, 9.15, 16.69, 17.83, 17.1, 15.9, 15.1, 14.3, 13.68, 12.63, 11.98, 11.94, 11.77, 10.99, 3.51,

2.31, 2.51, 3.25, 4.3, 5.15, 6, 6.69, 7.48, 7.42, 7.44, 7.69, 7.72, 7.84, 8.3, 8.59, 9.13, 9.05, 8.63, 8.54, 8.88, 9.52.

### Построение ARDL-модели

На основе собранных данных можно построить ARDL-модель, с учетом авторегрессионного распределенного лага.

Иными словами, модель учитывает прошлые значения зависимой переменной для предсказания ее текущего значения.

Используя язык программирования Python, можно построить модель и вычислить коэффициенты между переменными, например:

```
import pandas as pd
import statsmodels.formula.api as smf
from statsmodels.stats.outliers_influence import
variance_inflation_factor
from statsmodels.tsa.ardl import ARDL
data = {
    'data': pd.to_datetime(['*здесь перечислены
даты 1 числа каждого месяца с 2022 по 2024*']),
    'ipoteka_credit': ['*здесь записаны выданные
кредиты на ипотеку*'],
    'key_rate': ['*здесь записаны данные по клю-
чевой ставке*'],
    'inflation': ['*здесь записаны данные
об инфляции*']
}
df = pd.DataFrame(data)
df['key_rate_lag1'] = df['key_rate'].shift(1)
df['key_rate_lag2'] = df['key_rate'].shift(2)
df['ipoteka_credit_lag1'] = df['ipoteka_credit'].shift(1)
df['ipoteka_credit_lag2'] = df['ipoteka_credit'].shift(2)
df = df.dropna()
model = ARDL(df['ipoteka_credit'], lags=2,
    exog=df[['key_rate', 'inflation']],
    order={'key_rate': 1, 'inflation': 1})
results = model.fit()
print(results.summary())
— const (618.5229, P=0.000): Свободный член
статистически значим (p < 0.001);
— ipoteka_credit.L1 (0.3614, P=0.041):
Лагированная ipoteka_credit (L1) статистически
значима (p = 0.041 < 0.05). Положительный знак
коэффициента указывает на то, что увеличение
ipoteka_credit в предыдущем периоде приводит
к увеличению ipoteka_credit в текущем периоде;
— key_rate.L0 (54.7717, P=0.036): Текущая клю-
чевая ставка статистически значима (p = 0.036 <
0.05).
— key_rate.L1 (-68.7989, P=0.013): Лагированная
ключевая ставка (L1) статистически значима (p =
```

0.013 < 0.05)! Отрицательный знак коэффициента указывает на то, что увеличение ключевой ставки в предыдущем периоде приводит к снижению ipoteka\_credit в текущем периоде;

Эти коэффициенты помогут сформировать граф:

1. Определяем узлы:

На основе представленных результатов ARDL(2, 1, 1) модели, узлами графа будут:

ipoteka\_credit.L0 (Yt): Текущий объем ипотечного кредитования

ipoteka\_credit.L1 (Yt-1): Объем ипотечного кредитования в предыдущий период (лаг 1)

ipoteka\_credit.L2 (Yt-2): Объем ипотечного кредитования в периоде t-2 (лаг 2)

key\_rate.L0 (Kt): Текущая ключевая ставка

key\_rate.L1 (Kt-1): Ключевая ставка в предыдущий период (лаг 1)

inflation.L0 (It): Текущая инфляция

inflation.L1 (It-1): Инфляция в предыдущий период (лаг 1)

2. Определяем связи (ребра) и их веса:

Веса связей будут определяться коэффициентами модели:

ipoteka\_credit.L1 -> ipoteka\_credit.L0: Коэффициент = 0.3614

ipoteka\_credit.L2 -> ipoteka\_credit.L0: Коэффициент = -0.0722

key\_rate.L0 -> ipoteka\_credit.L0: Коэффициент = 54.7717

key\_rate.L1 -> ipoteka\_credit.L0: Коэффициент = -68.7989

inflation.L0 -> ipoteka\_credit.L0: Коэффициент = -2.6253

inflation.L1 -> ipoteka\_credit.L0: Коэффициент = -9.3948.

### Программные инструменты для анализа графов

В качестве инструмента для построения графа можно использовать библиотеку NetworkX в Python. Пример кода для построения графа:

```
python
import networkx as nx
import matplotlib.pyplot as plt
data = { # 1. Определяем узлы и веса связей
из таблицы
```

```
    'ipoteka_credit.L0': {'ipoteka_credit.L1': 0.3614,
    'ipoteka_credit.L2': -0.0722, 'key_rate.L0': 54.7717,
    'key_rate.L1': -68.7989, 'inflation.L0': -2.6253,
    'inflation.L1': -9.3948}}
```

G = nx.DiGraph() # 2. Создаем направленный
граф (DiGraph)

for node in data: # 3. Добавляем узлы

```

G.add_node(node)
for source, targets in data.items(): # 4.
Добавляем ребра (связи) с весами
for target, weight in targets.items():
    G.add_edge(source, target, weight=weight)
pos = nx.spring_layout(G, k=0.5, iterations=50)
# Настройка цвета ребер (положительные –
зеленый, отрицательные – красный)
edge_colors = ['green' if G[u][v]['weight'] > 0 else 'red'
for u, v in G.edges()]
edge_widths = [abs(G[u][v]['weight']) * 0.01 for u,
v in G.edges()]
plt.figure(figsize=(12, 8)) # Размер графика
nx.draw(G, pos, with_labels=True, node_
size=2000, node_color="skyblue",
font_size=10, font_weight="bold", arrowsize=20,
arrowstyle='->',
edge_color=edge_colors, width=edge_widths)
edge_labels = {(u, v): round(G[u][v]['weight'], 2) for
u, v in G.edges()}
nx.draw_networkx_edge_labels(G, pos,
edge_labels=edge_labels)
plt.title('Граф взаимосвязей на основе
ARDL-модели')
plt.show()

```

### Примеры применения результатов анализа

#### — Анализ зависимостей

Анализ графа, построенного на основе ARDL-модели, показывает, что ключевая ставка является наиболее важным фактором, влияющим на объем ипотечного кредитования в России. При этом, ключевая ставка в предыдущем периоде оказывает отрицательное (ее рост обеспечивает спад выдаваемых ипотечных кредитов).

#### — Прогнозирование

Анализируя структуры зависимостей, можно использовать различные эконометрические модели для прогнозирования.

Модели GARCH (Обобщенная авторегрессионная условная гетероскедастичность) – предположим, мы имеем регрессию временного ряда на другие временные ряды. Из эмпирических наблюдений за поведением таких рядов, как процентные ставки, обменные курсы и т.п., было замечено, что наблюдения с большими и малыми отклонениями от средних имеют тенденцию к образованию кластеров. То есть природы спокойного и возмущенного состояний рынка чередуются. GARCH моделирование объясняет эффект кластеризации возмущений с помощью зависимости условной дисперсии ошибок от предыстории [5, с. 311].

Применяя модели GARCH (Обобщенная авторегрессионная условная гетероскедастичность), возможно оценить уровень волатильности объема выдаваемых ипотечных кредитов. Можно определить, насколько сильно колеблется объем кредитов в разные периоды времени.

### ОГРАНИЧЕНИЯ И ВЫЗОВЫ

Хотя применение теории графов для анализа рынка ипотечного кредитования предоставляет ценные возможности, существуют и ограничения.

Во-первых, достоверность и своевременность данных играют критическую роль. Неточности или задержки в публикации статистики по ипотеке, макроэкономическим показателям могут исказить структуру графа и привести к ошибочным выводам.

Во-вторых, высокая сложность графов, отражающих множество взаимосвязей между различными факторами, может затруднить интерпретацию и выявление наиболее значимых зависимостей.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение теории графов для моделирования зависимостей между экономическими переменными в России показывает, как могут быть визуализированы и проанализированы сложные взаимосвязи. Представление результатов ARDL-моделирования в виде графа позволило наглядно отобразить влияние макроэкономических факторов, таких как ключевая ставка и инфляция, на объемы выданных ипотечных кредитов. Данный подход способствует более глубокому пониманию динамики рынка ипотеки и может быть использован для разработки более эффективных мер государственной политики и стратегий для участников рынка.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Использование направленных графов позволило визуализировать и проанализировать ключевые взаимосвязи между объемом ипотечного кредитования, ключевой ставкой, уровнем инфляции и другими макроэкономическими факторами, влияющими на рынок ипотеки в России.

2. Анализ показал, что рынок ипотечного кредитования характеризуется значительной инерционностью: прошлый объем ипотеки оказывает существенное влияние на текущий объем. В то же время, ключевая ставка, как основной инструмент денежно-кредитной политики, оказывает существенное, хотя и не всегда однозначное, влияние на рынок.

Настоящее исследование демонстрирует актуальность и научную обоснованность применения

теории графов в сочетании с эконометрическими моделями, такими как ARDL, для анализа рынка ипотечного кредитования в России. Полученные результаты способствуют более глубокому пониманию взаимосвязей между объемом ипотеки,

ключевой ставкой, инфляцией и другими макроэкономическими факторами, а также улучшают основу для прогнозирования и разработки эффективных мер по управлению этим важным сектором экономики.

## Список литературы

1. Бенжамен, С. Графы и их применение в экономике. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://example1.com> 2017.
2. Подкорытова, О. Анализ временных рядов: учебное пособие для вузов. – Москва: издательство Юрайт, 2025. – 225 с.
3. Герасимов, Д. Экономические модели и анализ данных // Журнал экономической науки, 2023.
4. Гай, П., & Кападия, С. Системный риск в банковских сетях. – Королевское общество, 2010.
5. Магнус, Я. Эконометрика начальный курс. – Москва: Издательство Дело, 2004. – 576 с.
6. Носко, В. П. Эконометрика. Книга 1. – Москва: Дело, 2011. – 704 с.
7. Центральный банк Российской Федерации. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cbr.ru>.
8. Федеральная служба государственной статистики. Росстат. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gks.ru>.
9. Катаргин, Н. В. Эконометрическое моделирование: учебник для вузов. – Москва: Издательство Лань, 2023. – 124 с.
10. Иванов, Б. Н. Дискретная математика и теория графов: учебное пособие для вузов. – Москва: Издательство Юрайт, 2023. – 177 с.

## References

1. Benjamin, S. Graphs and their application in economics. – [Electronic resource]. – Access mode: <https://example1.com> 2017.
2. Podkorytova, O. Time series analysis: a textbook for universities. – Moscow: Yurait Publishing House, 2025. – 225 p.
3. Gerasimov, D. Economic models and data analysis // Journal of Economics, 2023.
4. Guy, P., & Kapadia, S. Systemic risk in banking networks. – Royal Society, 2010.
5. Magnus, Ya. Econometrica elementary course. – Moscow: Publishing House Delo, 2004. – 576 p.
6. Nosko, V. P. Econometrica. Book 1. – Moscow: Delo, 2011. – 704 c.
7. The Central Bank of the Russian Federation. – [Electronic resource]. – Access mode: <https://cbr.ru>.
8. Federal State Statistics Service. Rosstat. – [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.gks.ru>.
9. Katargin, N. V. Econometric modeling: a textbook for universities. – Moscow: Lan Publishing House, 2023. – 124 p.
10. Ivanov, B. N. Discrete mathematics and graph theory: a textbook for universities. – Moscow: Yurait Publishing House, 2023. – 177 p.

## Информация об авторах

**Розов Р.Д.**, аспирант факультета «Информационные технологии» Московского финансово-промышленного университета «Синергия» (г. Москва, Российская Федерация).

**Рогоза М.В.**, аспирант факультета «Информационные технологии» Московского финансово-промышленного университета «Синергия» (г. Москва, Российская Федерация).

**Кондаков А.С.**, аспирант факультета «Информационные технологии» Московского финансово-промышленного университета «Синергия» (г. Москва, Российская Федерация).

© Розов Р.Д., Рогоза М.В., Кондаков А.С., 2025.

## Information about the authors

**Rozov R.D.**, postgraduate student at the Faculty of Information Technology of the Moscow Financial and Industrial University “Synergy” (Moscow, Russian Federation).

**Rogozha M.V.**, postgraduate student at the Faculty of Information Technology of the Moscow Financial and Industrial University “Synergy” (Moscow, Russian Federation).

**Kondakov A.S.**, postgraduate student at the Faculty of Information Technology of the Moscow Financial and Industrial University “Synergy” (Moscow, Russian Federation).

© Roman D.R., Rogoza M.V., Kondakov A.S., 2025.