



**ISSN** INTERNATIONAL  
STANDARD  
SERIAL  
NUMBER

**ISSN**  
2782-4365

Проверить  
номер:



Научно-образовательный электронный журнал

**ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА  
В XXI ВЕКЕ**

Выпуск №69-1 (том 3)  
(декабрь, 2025)



Периодичность выпуска: 1 раз в неделю  
Сайт: [mpcareer.ru/oinv21veke](http://mpcareer.ru/oinv21veke). Почта: [obrmpcareer@mail.ru](mailto:obrmpcareer@mail.ru)



Международный научно-образовательный  
электронный журнал  
«ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА В XXI ВЕКЕ»

ISSN 2782-4365

УДК 37

ББК 94

**Международный научно-образовательный электронный журнал  
«ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА В XXI ВЕКЕ». Выпуск №69-1 (том 3) (декабрь,  
2025). Дата выхода в свет: 08.12.2025.**

Журнал объединяет авторов на территории стран СНГ и помогает обмениваться передовыми научно-образовательными исследованиями.

Содержит научные статьи отечественных и зарубежных авторов по экономическим, техническим, философским, юридическим и другим наукам.

Миссия научно-образовательного электронного журнала «ОБРАЗОВАНИЕ И НАУКА В XXI ВЕКЕ» состоит в поддержке интереса читателей к оригинальным исследованиям и инновационным подходам в различных тематических направлениях, которые способствуют распространению лучшей отечественной и зарубежной практики в интернет пространстве.

Целевая аудитория журнала охватывает работников сферы науки и образования (педагоги, учителя, ученые, преподаватели, научные сотрудники, бакалавры, магистранты, аспиранты).

Материалы публикуются в авторской редакции. За соблюдение законов об интеллектуальной собственности и за содержание статей ответственность несут авторы статей. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей. При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

© ООО «МОЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ КАРЬЕРА»

© Коллектив авторов

Садыкова Шоира Ёлдашовна, Халилова Огульбахар Джумакулиевна ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ СТРУКТУР И ГОМОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ КОЛЕЦ В НЕКОММУТАТИВНОЙ ГЕОМЕТРИИ	214
Сейитджанова Огулнар, Атаева Арзыгуль, Нурмырадова Огулдурды РОЛЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАНЫХ В СНИЖЕНИИ НАЛОГОВЫХ РАЗРЫВОВ	220
Халмухаммедов Перман, Гулмурадова Марал Атамурадовна ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕНЕРАТИВНЫХ СОСЯЗАТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ (GAN) НА ПРОБЛЕМУ ИДЕНТИФИКАЦИИ И АУТЕНТИФИКАЦИИ	225
Ходжалыева Маягозель, Бегнепесов Максат АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ С МЕНЯЮЩЕЙСЯ СТРУКТУРОЙ: МОДЕЛИ СО СКРЫТЫМИ МАРКОВСКИМИ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯМИ	231
Ходжалыева Маягозель, Хеззиева Энеджан БАЙЕСОВСКИЙ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ: ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ДИРИХЛЕ В ЗАДАЧАХ КЛАСТЕРИЗАЦИИ	237
Шыхгулыева Говхер, Шыхгулыева Аннатяч ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭФИРНЫХ МАСЕЛ	243
Эсенмаммедова Тавус, Гушванов Шохрат, Аматыев Исмайыл, Кулыева Тавус АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА АГРОЛЕСОВОДСТВА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЭКОСИСТЕМ	249
Агабаев Ашыргельди ВЛИЯНИЕ НЕЙТРАЛЬНОГО СТАТУСА ТУРКМЕНИСТАНА НА РЕГИОНАЛЬНЫЙ БАЛАНС БЕЗОПАСНОСТИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ	255
Худайбергенова Гурбангуль, Аннамурадов Аннамурат, Карабаев Кервен ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА И СБЫТА ПРОДУКЦИИ	259
Нурмурадов Агабай, Сейдов Шамухаммет, Ходжагельдиев Гала НЕЙТРАЛИТЕТ И ДИПЛОМАТИЯ: ТРАНСФОРМАЦИЯ ВНЕШНЕПОЛИТИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ ТУРКМЕНИСТАНА В XXI ВЕКЕ	263
Мурадова Мая, Аннагельдиев Шанур, Уразова Нязик МЕЖДУНАРОДНО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ПОСТОЯННОГО НЕЙТРАЛИТЕТА ТУРКМЕНИСТАНА И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ В НАЦИОНАЛЬНОМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ	267

**ФИО автора(-ов):** *Ходжалыева Маягозель, старший преподаватель,  
Туркменский государственный институт экономики и управления*

*Бегнепесов Максат, студент, Туркменский государственный институт  
экономики и управления*

*г. Ашхабад, Туркменистан*

**Название публикации:** «АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ С МЕНЯЮЩЕЙСЯ СТРУКТУРОЙ: МОДЕЛИ СО СКРЫТЫМИ МАРКОВСКИМИ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯМИ»

**Аннотация.** Настоящая статья посвящена исследованию и применению моделей со скрытыми марковскими переключениями (Hidden Markov Switching Models, HMSM) в анализе временных рядов с меняющейся структурой. Временные ряды во многих областях, таких как финансовые рынки, климатология и медицина, часто демонстрируют резкие и непредсказуемые изменения в своем статистическом поведении (например, периоды высокой волатильности сменяются периодами низкой, или режимы экономического роста сменяются рецессиями). Традиционные стационарные модели не способны адекватно захватить такие переключения режимов.

Модели HMSM преодолевают это ограничение, предполагая, что наблюдаемый временной ряд генерируется базовым стохастическим процессом, который может находиться в одном из конечного числа скрытых состояний (режимов). Переключение между этими скрытыми состояниями описывается скрытой цепью Маркова, и вероятность перехода из одного режима в другой зависит только от текущего режима. В рамках каждого режима (например, "режим 1: высокая волатильность") наблюдаемый процесс описывается своей уникальной параметризацией, например, моделью ARIMA или GARCH с особыми коэффициентами.

Исследование фокусируется на методах вывода и оценки параметров в HMSM. Рассматривается алгоритм Байеса (Baye's Algorithm) и его расширения (например, алгоритм Баума-Уэлша), используемые для оценки вероятности

нахождения системы в каждом скрытом состоянии (фильтрация, сглаживание) и для обучения параметров модели. Анализируются концептуальные проблемы идентификации и выбора оптимального числа скрытых состояний. Приводятся примеры применения HMSM в финансовом анализе, где они успешно используются для моделирования асимметрии доходности и прогнозирования кризисных периодов. Модели со скрытыми марковскими переключениями предоставляют мощный и гибкий аппарат для точного моделирования нестационарности и структурных изменений в сложных динамических системах.

**Ключевые слова.** Временные ряды, скрытые марковские переключения (HMSM), нестационарность, структурные изменения, цепь Маркова, переключение режимов, алгоритм Байеса, алгоритм Баума-Уэлша, фильтрация, GARCH, волатильность.

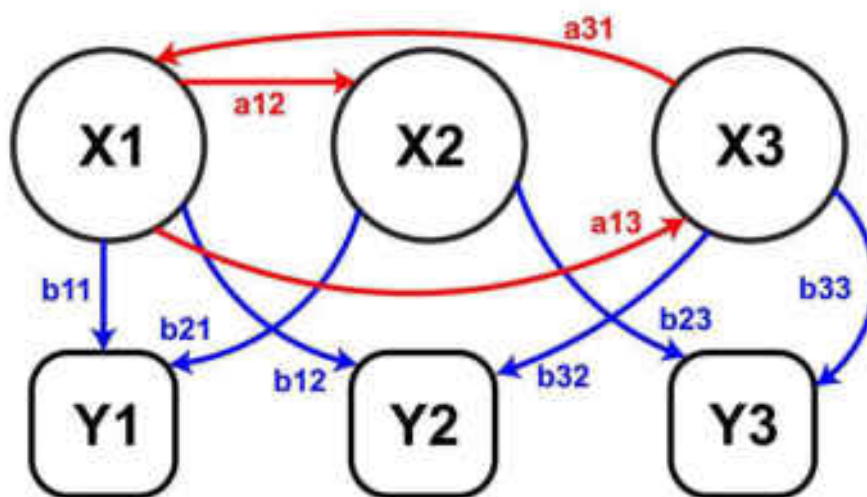
Анализ временных рядов является центральной задачей во многих прикладных областях, начиная от эконометрики и финансов и заканчивая климатологией и биомедициной. Классические модели временных рядов, такие как ARIMA или простые GARCH, основаны на предположении о стационарности или, по крайней мере, о постоянстве параметров во времени. Однако многие реальные процессы, особенно в социально-экономических системах, демонстрируют нестационарность, выражающуюся в резких, непредсказуемых структурных изменениях или переключениях режимов. Например, финансовые рынки чередуют периоды низкой волатильности и плавного роста с периодами кризисов и высокой волатильности. Для адекватного моделирования такой динамики необходим инструментарий, способный эндогенно учитывать и оценивать эти структурные сдвиги.

Концептуальный аппарат моделей со скрытыми марковскими переключениями

Модели со скрытыми марковскими переключениями (Hidden Markov Switching Models, HMSM), разработанные в работах Джеймса Гамильтона, представляют собой мощное расширение традиционных моделей временных

рядов, специально предназначенное для захвата переменной структуры. Основная идея HMSM заключается в предположении, что наблюдаемый временной ряд  $y_t$  генерируется процессом, который может находиться в одном из конечного числа скрытых, не наблюдаемых состояний или режимов. Переключение между этими режимами описывается скрытой цепью Маркова, которая является однородной (вероятности перехода между режимами остаются постоянными) и независимой от самого наблюдаемого процесса.

В каждом скрытом режиме  $S_t$  (например, "режим 1: рецессия" или "режим 2: экспансия") наблюдаемый процесс  $y_t$  описывается своей собственной уникальной параметризацией. Например, если  $y_t$  — это доходность актива, то в режиме высокой волатильности дисперсия остатков модели GARCH будет значительно больше, чем в режиме низкой волатильности. Таким образом, структурное изменение в наблюдаемом ряду объясняется переходом скрытой цепи Маркова в новое состояние. Формально, это предполагает, что распределение  $y_t$  обусловлено скрытым состоянием  $S_t$ .



## Hidden Markov model

Вывод и оценка параметров

Ключевой задачей в HMSM является апостериорный вывод о скрытых состояниях и оценка параметров модели. Поскольку скрытые состояния  $S_t$  не наблюдаются напрямую, стандартные методы оценки максимального правдоподобия не применимы. Для решения этой задачи используется алгоритм

Байеса в его итеративной форме, наиболее известной как алгоритм Баума-Уэлша (Baum–Welch Algorithm), который является частным случаем EM-алгоритма (Expectation-Maximization).

Алгоритм Баума-Уэлша состоит из двух чередующихся этапов: E-шага (Expectation) и M-шага (Maximization). На E-шаге вычисляются апостериорные вероятности нахождения системы в каждом скрытом состоянии в момент времени  $t$ , используя текущие оценки параметров. Этот процесс включает фильтрацию (оценку состояния в текущий момент на основе данных до  $t$ ) и сглаживание (оценку состояния в момент  $t$  на основе всех доступных данных до конца ряда). На M-шаге на основе этих полученных апостериорных вероятностей обновляются оценки всех параметров модели (коэффициенты авторегрессии, дисперсии, матрицы вероятностей перехода цепи Маркова) путем максимизации ожидаемого логарифма правдоподобия.

#### Идентификация и применение

HMSM успешно применяются для моделирования асимметрии в финансовых временных рядах. Например, было обнаружено, что реакция рынков на шоки (новости) в режиме кризиса (высокой волатильности) качественно отличается от реакции в режиме стабильности. В финансовой сфере HMSM используются для прогнозирования волатильности, оценки рисков (Value-at-Risk) и разработки торговых стратегий, которые динамически адаптируются к смене рыночного режима. Также эти модели находят применение в климатологии для идентификации периодов резкого изменения климатических режимов и в медицине для анализа паттернов сердечного ритма, где нерегулярность может указывать на переход к патологическому состоянию.

Важной концептуальной проблемой является идентификация и выбор оптимального числа скрытых состояний. Слишком малое число режимов не сможет адекватно захватить всю структурную изменчивость, тогда как слишком большое число режимов может привести к переобучению и неинтерпретируемым результатам. Для выбора числа состояний используются информационные критерии, такие как AIC (Akaike Information Criterion) или BIC

(Bayesian Information Criterion), а также байесовские подходы, основанные на априорных распределениях, которые штрафуют за излишнюю сложность. В целом, модели со скрытыми марковскими переключениями обеспечивают необходимую гибкость и статистическую строгость для анализа сложных, нестационарных динамических систем.

Несмотря на свою гибкость, модели со скрытыми марковскими переключениями (HMSM) обладают рядом методологических и вычислительных ограничений. Главной проблемой является идентификация (identification) параметров. В частности, существует проблема перестановочной симметрии, когда простое переименование скрытых состояний (например, назвать "режим 1" "режимом 2" и наоборот) приводит к идентичному значению функции правдоподобия. Это делает оценки, полученные с помощью EM-алгоритма, чувствительными к начальным условиям и может привести к сходимости к локальному, а не глобальному максимуму правдоподобия.

Другим серьезным ограничением является необходимость априорного задания числа скрытых состояний. Как уже упоминалось, некорректный выбор числа режимов может привести к неадекватной подгонке данных: слишком мало режимов не захватит сложную динамику, а слишком много — вызовет переобучение и снизит интерпретируемость. Для решения этой проблемы используются информационные критерии (AIC, BIC), которые добавляют штраф за увеличение числа параметров. Однако эти критерии не всегда надежны в сложных нестационарных системах. Наконец, стандартные HMSM предполагают, что вероятности перехода между режимами постоянны, что может быть нереалистичным в ситуациях, когда, например, вероятность кризиса зависит от текущего уровня безработицы или процентных ставок.

#### Байесовские подходы и непараметрические альтернативы

Для преодоления ограничений классического частотного вывода в HMSM, включая проблемы чувствительности к начальным условиям и идентификации, активно развиваются байесовские подходы. Байесовский анализ HMSM позволяет интегрировать априорные знания о вероятностях перехода и

параметрах режимов, что помогает стабилизировать процесс оценки и делает его менее чувствительным к локальным максимумам. Для осуществления вывода в байесовских моделях применяются алгоритмы Монте-Карло по цепям Маркова (МСМС), такие как сэмплирование Гиббса, которые обеспечивают оценку апостериорного распределения параметров, а не просто точечную оценку.

Наиболее перспективным направлением является использование байесовской непараметрики для создания моделей, способных автоматически определять число скрытых состояний. Примером такой модели является использование процесса Дирихле (Dirichlet Process) для моделирования скрытых режимов. Этот подход, известный как Hidden Markov Dirichlet Process (HMDP), позволяет числу режимов быть потенциально бесконечным и расти по мере поступления данных. Таким образом, модель сама "узнает" из данных оптимальную сложность своей структуры, эффективно решая проблему выбора числа режимов, которая является центральной слабостью традиционных HMSM.

### **Список литературы:**

1. Гамильтон, Дж. Д. (1994). *Time Series Analysis*. Princeton University Press.
2. ЭНГЛ, Р. Ф. (1982). Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of UK Inflation. *Econometrica*, 50(4), 987-1007.
3. Баум, Л. Э., & Уэлш, Дж. А. (1970). A generalized algorithm for estimation of the parameters of an unknown mixture. *The Annals of Mathematical Statistics*, 41(1), 164-181.
4. Робертс, Г. О., & Смит, А. Ф. М. (1994). Gibbs sampling and Markov chain Monte Carlo. *Statistical Science*, 9(1), 1-19.
5. Пак, Р. С. (2021). Применение моделей скрытых марковских переключений для анализа нестационарных финансовых временных рядов. *Финансы и кредит*, 27(12), 2732-2745.