

АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ МЕХАНИЗМОВ ПАМЯТИ В ДИСКРЕТНЫХ ЦЕПЯХ МАРКОВА**Петров Л. А., студент**

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: ассистент Скуратова Д. А.

Аннотация. В академическом контексте стохастического моделирования цепи Маркова с дискретным временем являются фундаментальным инструментом для анализа систем, изменяющих свое состояние с течением времени. Их широкое применение в экономике, информатике, биологии и других науках обусловлено математической простотой и ясностью базовых предположений. Ключевой предпосылкой классической модели является марковское свойство, также известное как свойство отсутствия памяти. Согласно этому принципу, будущее состояние системы зависит исключительно от ее текущего состояния, но не от последовательности событий, которые к нему привели.

Однако именно это свойство, обеспечивающее аналитическую простоту модели, становится ее главным ограничением при анализе многих реальных процессов. В сложных системах, будь то динамика финансовых рынков или биологические процессы, история часто играет решающую роль. Игнорирование прошлого поведения системы приводит к потере значимой информации, что снижает точность прогнозов и адекватность модели в целом. Таким образом, возникает критическая потребность в адаптации классического аппарата для описания систем с долгосрочной зависимостью.

Ключевое преимущество предлагаемого метода заключается в том, что он позволяет учесть историю процесса, формально оставаясь в рамках классической теории цепей Маркова. Вместо того чтобы вводить новые, более сложные математические конструкции, которые бы нарушили марковское свойство, предлагается модифицировать саму структуру системы – ее пространство состояний.

Суть подхода заключается в целенаправленном расширении пространства состояний. Для каждого состояния, которое должно «помнить» свою предысторию, создаются его дубликаты. Каждый такой дубликат соответствует уникальной траектории, по которой система могла прийти в это состояние. Таким образом, информация о прошлом встраивается непосредственно в определение нового, составного состояния.

Проиллюстрируем этот механизм на простом примере. Рассмотрим фрагмент цепи, в котором система может перейти в состояние 3 из состояния 1 или состояния 2.

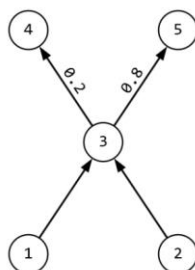


Рис. 1. Фрагмент исходной цепи Маркова

В этой системе, находясь в состоянии 3, невозможно определить, из какого состояния (1 или 2) был совершен переход. Чтобы сохранить эту информацию, мы заменяем одно состояние 3 на два его дубликата: 3.1 (если система пришла из 1) и 3.2 (если система пришла из 2).

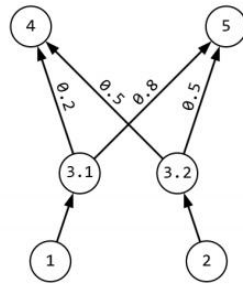


Рис. 2. Фрагмент цепи с расширенным пространством состояний

Такой подход встраивает информацию о траектории непосредственно в определение новых, более сложных состояний. Теперь, если система находится в состоянии 3.1, это однозначно означает, что ее предыдущим состоянием было 1. Это позволяет задать различные вероятности переходов в последующие состояния: например, вероятности переходов $3.1 \rightarrow 4$ и $3.1 \rightarrow 5$ могут отличаться от вероятностей переходов $3.2 \rightarrow 4$ и $3.2 \rightarrow 5$, что и является ядром данного метода.

Ключевым преимуществом этого метода является то, что в новой системе с расширенным пространством состояний марковское свойство формально сохраняется. Вероятность перехода из состояния 3.1 в любое последующее состояние зависит только от 3.1, поскольку вся необходимая информация о прошлом уже закодирована в его определении. Таким образом, удастся обойти фундаментальное ограничение классической модели, используя ее собственный аппарат. Этот принцип может быть обобщен для учета более длинных последовательностей состояний, что открывает широкие возможности для его применения.

В рамках данного исследования был проанализирован метод, позволяющий преодолеть одно из ключевых ограничений классических цепей Маркова – свойство отсутствия памяти. Основной вывод работы заключается в том, что реализация механизмов памяти в дискретных цепях Маркова возможна без формального нарушения марковского свойства. Это достигается путем целенаправленного расширения пространства состояний, при котором новые, составные состояния кодируют в себе информацию о предшествующей траектории процесса.

Значимость этого вывода состоит в существенном расширении применимости марковского моделирования. Данный метод позволяет с большей точностью описывать и прогнозировать поведение сложных систем, в которых историческая зависимость играет ключевую роль. Это открывает новые перспективы для анализа динамических процессов в самых разных областях – от финансов до биоинженерии.

В области инженерной экономики такой подход позволяет моделировать более реалистичные сценарии, такие как прогнозирование отказов оборудования или динамика рыночных активов, где вероятность будущего события зависит от предшествующей истории эксплуатации или поведения. Это дает возможность точнее оценивать экономические риски, оптимизировать стратегии технического обслуживания и принимать более обоснованные инвестиционные решения.

Список использованных источников

1. Романовский, И. В. Дискретный анализ : учеб. пособие / И. В. Романовский. – 4-е изд., испр. и доп. – СПб. : Невский Диалект ; БХВ-Петербург, 2008. – 336 с.
2. Краткое введение в цепи Маркова / J. Росса, В. Росса ; пер. PatientZero // Хабр. – 2019. – URL: <https://habr.com/ru/articles/455762/> (дата обращения: 15.09.2024).