

Применение байесовских нейросетей для моделирования рисков на финансовых рынках

Аннотация. Статья исследует возможности применения байесовских нейросетей для моделирования рисков на финансовых рынках. Финансовые рынки характеризуются высокой степенью неопределённости и сложностью, при которых традиционные методы анализа рисков становятся неэффективными. Автор предлагает использовать байесовские нейросети, сочетающие гибкость глубоких нейронных сетей с принципами байесовской статистики, для более точного анализа рисков и принятия взвешенных решений на финансовых рынках. Материалы и методы исследования базируются на данных публикаций Банка России и работ российских ученых в области измерений на основе байесовских интеллектуальных технологий. Результаты исследования показывают, что байесовские нейросети позволяют эффективно управлять неопределённостью на финансовых рынках, учитывая сложность финансовой системы, недостаточность исходной информации и компетентность специалистов. Процесс анализа неопределённости включает этапы концептуализации, разработки модели, сбора информации, количественной оценки неопределенности и объединения неопределённостей. Авторы подчеркивает, что байесовские нейросети обладают рядом преимуществ: постоянное обновление знаний, использование распределений вероятностей и оценка вероятности сценариев. В заключении автор отмечает, что байесовские нейросети позволяют моделировать риски на финансовых рынках и осуществлять оценку уровня неопределенности, являясь базой для разработки рекомендаций по принятию управленческих решений. Целью исследования ставится рассмотрение возможности применения байесовских нейросетей для моделирования рисков на финансовых рынках.

Ключевые слова: анализ неопределённости, байесовские нейросети, моделирование рисков, прогнозирование, финансовые рынки.

Yaroshev Ivan Lvovich
Moscow International Academy

Application of bayesian neural networks for risk modeling in financial markets

Annotation. The article explores the possibilities of using Bayesian neural networks to model risks in financial markets. Financial markets are characterized by a high degree of uncertainty and complexity, in which traditional methods of risk analysis become ineffective. The author suggests using Bayesian neural networks, combining the flexibility of deep neural networks with the principles of Bayesian statistics, for more accurate risk analysis and informed decision-making in financial markets. The research materials and methods are based on data from publications of the Bank of Russia and the work of Russian scientists in the field of measurements based on Bayesian intelligent technologies. The results of the study show that Bayesian neural networks make it possible to effectively manage uncertainty in financial markets, given the complexity of the financial system, the lack of initial information and the competence of specialists. The uncertainty analysis process includes the stages of conceptualization, model development, information collection, quantification of uncertainty, and pooling of uncertainties. The authors emphasize that Bayesian neural networks have a number of advantages: constant updating of knowledge, the use of probability distributions and the assessment of the probability of scenarios. In conclusion, the author notes that Bayesian neural networks allow modeling risks in financial markets and assessing the level of uncertainty, being the basis for developing

recommendations for making managerial decisions. The purpose of the study is to consider the possibility of using Bayesian neural networks to model risks in financial markets.

Keywords: uncertainty analysis, Bayesian neural networks, risk modeling, forecasting, financial markets.

Финансовые рынки – это системы, отличающиеся сложностью и постоянными изменениями, полные неопределённости и ненадёжности. Уметь спрогнозировать будущие события и оценить риски сегодня являются ключевыми задачами для инвесторов, фондов денежного рынка и банковских организаций. Стандартные методы анализа рисков часто оказываются неэффективными, так как не учитывают сложные взаимосвязи между различными факторами и не могут приспособиться к быстро меняющейся ситуации.

Важной задачей, которая стоит перед игроками финансовых рынков в современных условиях, является анализ неопределённости и эффективное управление ею. «Неопределённость – это неоднозначность исхода или решения экономической ситуации. Такая трактовка понятию «неопределённость» является наиболее общей и позволяет предложить методику оценки уровня неопределённости на основе моделирования рисков с помощью байесовских нейросетей» [1].

В последние годы методы машинного обучения активно развиваются и используются, предлагая новые возможности для «оценки финансовых рисков. Байесовские нейронные сети (БНС), сочетая гибкость глубоких нейронных сетей с принципами Байесовской статистики, предлагают мощный инструмент для более точного анализа рисков и принятия взвешенных решений» [2].

В рамках данной статье рассматриваются возможности применения БНС для моделирования рисков на финансовых рынках, их преимущества по сравнению с традиционными аналитическими методами моделирования рисков, недостатки данного подхода, а также примеры их использования для решения различных финансовых задач.

Вопросы теории измерений на основе байесовских интеллектуальных технологий сегодня в мировой науке приобретают всё большую актуальность, среди исследователей этого направления можно выделить работы Бобкова И.А., Бурдиной А.А., Нехрест-Бобковой А.А., Смирновой Л.Н., Доманова А.О., Прокопчиной С.В., Корнеева Д.С., Тороповой А.В. [1-6]. Практический материал базируется на данных публикаций Банка России [7].

В работе над материалом автором были использованы методы эмпирического, системного и сравнительного анализа.

Анализ неопределённости при реализации различных инвестиционных проектов и «управление рисками являются актуальной проблемой для прогнозирования рисков на финансовых рынках. Эффективное управление неопределённостью на финансовых рынках ставит своей задачей: планирование, организацию, мотивацию и контроль реализации стратегических и тактических мероприятий, направленных на использование фактора неопределённости с целью повышения эффективности деятельности в той или иной сфере» [1].

Исследования экспертов в области применения байесовских нейросетей для моделирования рисков свидетельствуют о том, что неопределённость в принятии управленческих решений обусловлена рядом факторов [2]:

1) сложностью финансовой системы, включающей большой набор параметров и элементов, которые требуют описания для принятия управленческих решений, из-за чего увеличивается уровень неопределённости;

2) недостаточностью и неточностью исходной информации, затрудняющими формирование адекватного представления о ситуации;

3) компетентностью специалистов, принимающих управленческие решения, недостаточный уровень которой может привести к ошибкам в оценке ситуации и принятию управленческих решений, приводящих к непоправимым ошибкам.

Байесовская нейросеть, также называемая в научных кругах «байесовская сеть доверия», представляет собой вероятностную модель, описывающую взаимосвязи между множеством переменных и их вероятностными зависимостями. Байесовская сеть доверия даёт полное представление о переменных и их взаимодействиях, позволяя анализировать и предсказывать вероятности развития будущих событий.

Анализ неопределённости на финансовых рынках является важной задачей, направленной на изучение факторов и переменных величин, влияющих на принятие управленческих решений и на количественную оценку неопределённости. Анализ неопределённости помогает сократить потери и повысить прибыль в динамичной и непредсказуемой среде финансовых рынков.

Процесс анализа неопределённости состоит из нескольких этапов, каждый из которых играет важную роль в получении точной и достоверной информации о вероятности развития будущих событий.

Первый этап анализа неопределённости называется концептуализацией – процесс формирования предположений о структуре математической модели и её методологическом обеспечении для решения задачи, определяется потребность в информации, включающей эмпирические данные и результаты экспертной оценки. Этап концептуализации позволяет установить основу для дальнейшего анализа и выбрать наиболее подходящие методы и инструменты. Концептуализация является фундаментальным этапом исследования и определяет его направление и методы.

На следующем этапе происходит разработка модели для оценки уровня неопределённости и сбор необходимой информации – сбор данных определяет используемые переменные, а создание модели, в свою очередь, требует сбора определённых данных. Очень важно на этапе разработки математической модели для исследования правильно выбрать методы сбора и анализа данных, чтобы они соответствовали требованиям модели.

После разработки модели и сбора данных проводится количественная оценка неопределённости в соответствии с выбранной методологией и математической моделью – процесс присвоения числовых значений уровню неопределённости в данных или системе, позволяя оценить, насколько точны знания о ситуации и какова степень риска. Важно, чтобы модель учитывала неопределённость ряда факторов, чтобы полученные результаты были точными и достоверными.

Последний этап анализа неопределённости включает процесс объединения неопределённостей для получения единого показателя неопределённости – позволяет получить общую картину неопределённости на финансовом рынке и принять взвешенные управленческие решения.

Таким образом, правильное проведение каждого этапа анализа неопределённости на финансовых рынках является ключевым фактором для получения точной и достоверной информации, необходимой для принятия обоснованных решений (рис. 1).

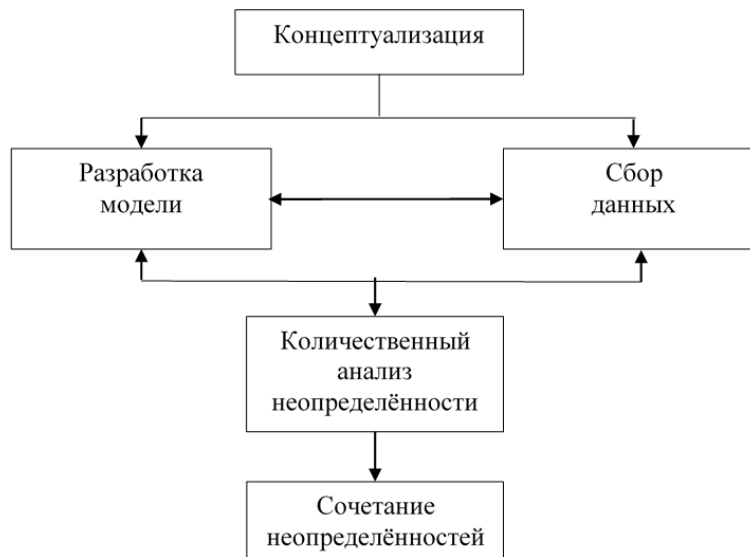


Рисунок 1. – Основные этапы анализа неопределённости

На финансовых рынках, характеризующихся высокой степенью неопределённости, традиционные нейронные сети демонстрируют ограниченную эффективность. Они стремятся найти единственное оптимальное решение, игнорируя многообразие альтернативных путей. Байесовские нейронные сети представляют собой более гибкий подход, позволяющий не только сосуществовать с неопределённостью, но и использовать её в своих интересах. Вместо подавления неопределённости, БНС интегрируют её в процесс моделирования, учитывая возможность множества решений [3].

Интеграция методов искусственного интеллекта и теории измерений «открывает новый широкий спектр возможностей для моделирования рисков на финансовых рынках. Так, применение байесовских нейросетей открывает методы использования информации в виде знаний, расширяя возможности для когнитивных методов обработки результатов измерений. В то же время методы искусственного интеллекта получают возможность использовать метрологические принципы для обоснования решений, управления синтезом технологий и обеспечения необходимого качества получаемых результатов» [4].

Отметим, что исследования в области интеллектуализации измерений ведутся уже достаточно длительное время, способствуя созданию инновационных методов и алгоритмов, которые повышают точность, скорость и эффективность измерений, а также обеспечивают более глубокое понимание полученных результатов [2].

В отличие от традиционных нейронных сетей, работающих с фиксированными значениями параметров, «байесовские нейронные сети представляют параметры в виде случайных величин, распределённых в пространстве вероятностей» [2]. Такой подход позволяет БНС показывать повышенную гибкость в условиях изменяющихся данных, учитывать неполные и неточности в информации, а также оценивать риски с более высокой степенью точности. Отличие в структуре традиционной и байесовской нейронных сетей представлены на рис. 2:

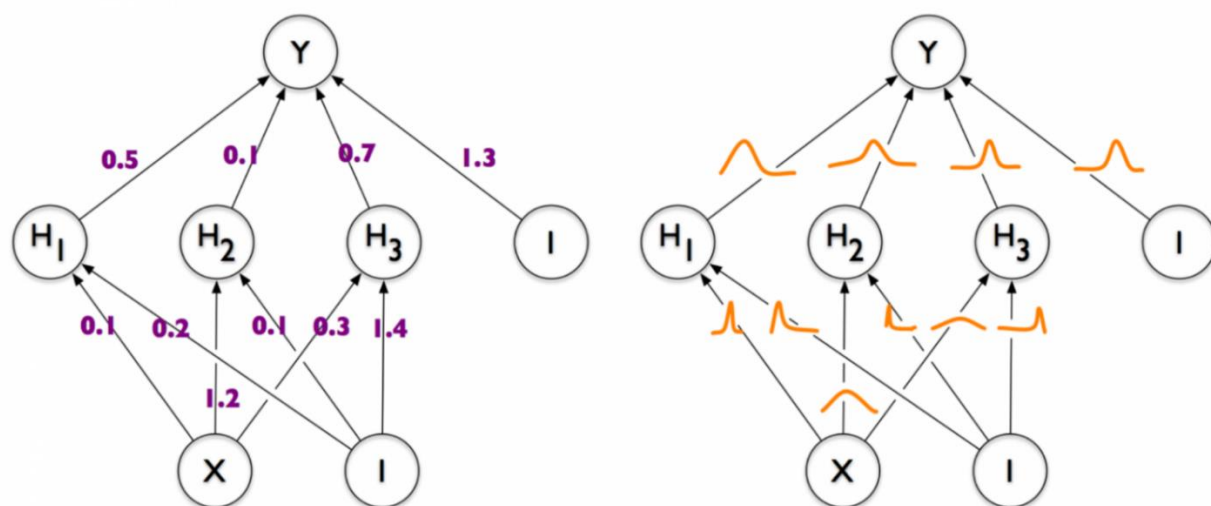


Рисунок 2. – Сравнение традиционной и байесовской нейронных сетей

Слева на рис. 1 изображена традиционная и уже хорошо знакомая специалистам по искусственному интеллекту нейронная сеть, у которой каждая связь между парой нейронов задана каким-то числом (весом). В правой части рис. 2 представлена байесовская нейронная сеть, в которой веса не являются фиксированными числами, а представлены распределения вероятности, позволяя учесть неопределённость в данных и получить более точные прогнозы. Именно такой тип модели нейросети является целью данного исследования и может применяться для моделирования рисков на финансовых рынках.

Байесовские нейронные сети (БНС) используют уникальный подход к моделированию, основанный на принципах байесовского вывода, который позволяет им эффективно управлять неопределённостью, в том числе и на финансовых рынках. Рассмотрим основные преимущества использования байесовских нейросетей по сравнению с традиционными нейросетями:

- 1) постоянное обновление знаний – вместо поиска одного «идеального» решения, БНС постоянно обновляют свои знания о параметрах модели, используя новые данные. Процесс постоянного обновления данных позволяет нейросети учитывать неопределённость и приходиться к более обоснованным выводам;
- 2) распределения вероятностей – БНС представляют параметры модели не в виде фиксированных значений, а в виде распределения вероятности, позволяя им учитывать множество возможных сценариев и делать более точные прогнозы;
- 3) оценка вероятности сценариев – БНС используют специфические методы для оценки вероятности различных сценариев после получения новых данных.

Вышеперечисленные преимущества подход байесовских нейросетей позволяют БНС делать более прозрачные прогнозы, учитывая не только предсказание будущих событий, но и оценку вероятности различных результатов, позволяя принимать более взвешенные решения, учитывающие риски неопределённости.

Сегодня байесовские нейросети широко применяются в различных областях, от финансовых рынков до компьютерного зрения. БНС представляют собой не просто мощный инструмент, а новый способ мышления, позволяющий учесть неопределённость как важный фактор в современном мире.

Риск является неотъемлемой частью любой финансово-хозяйственной деятельности и обусловлен множеством факторов, влияющих на исход принимаемых решений. В условиях развитой рыночной экономики риск неудачи в достижении поставленных целей значительно возрастает.

Глобализация привела к усложнению финансовых и социально-организационных систем, усилив их нестабильность и неопределённость. Современные институты подвергаются воздействию внешних и внутренних факторов, которые могут привести к существенным, а иногда и катастрофическим потерям. В связи с этим актуальной задачей становится внедрение механизмов регулирования чувствительности к риску и минимизации потерь, в числе которых демонстрируют хорошие результаты байесовские нейросети.

Финансовые рынки, отличающиеся динамичной конъюнктурой, операциями с высоколиквидными активами, высокой степенью окупаемости и краткосрочностью проектов, быстро накопили достаточные ресурсы для инвестирования в развитие систем управления рисками, позволив организациям финансового сектора в кратчайшие сроки внедрить основные принципы минимизации рисков и получить обоснованные и выгодные решения.

Однако, несмотря на достигнутые успехи на финансовых рынках, для эффективного управления рисками в других сферах необходимо применить комплексный подход, учитывающий специфику каждой системы и использующий современные инструменты анализа и моделирования [5].

Применение комбинированного подхода, «объединяющего теории нечётких множеств и байесовских нейросетей, является перспективным методом управления рисками на финансовых рынках. Несмотря на повышенные требования к объёму и качеству обрабатываемых данных, подход с применением байесовских нейросетей обеспечивает более точную и объективную оценку рисков на финансовых рынках, увеличивая вероятность успешной реализации инвестиционного проекта» [2].

Байесовская нейросеть представляет собой модель, отражающую зависимости между переменными посредством вероятностных связей. Использование для моделирования рисков байесовских нейросетей особенно эффективно в ситуациях, характеризующихся значительной неопределённостью при оценке рисков. Модель с использованием байесовской нейросети позволяет оценить состояние одной переменной на основе наблюдений за другими переменными, используя принципы байесовского вывода.

Байесовские сети доверия позволяют моделировать взаимосвязи между различными параметрами и факторами, а в сочетании с теорией нечётких множеств, благодаря использованию которой учитывается фактор нечёткости и неопределённости в имеющейся информации, предоставляется возможность задействовать в анализе полный спектр доступных данных и особенностей, которые способны влиять на риски.

Байесовские сети доверия применяются в ситуациях, когда необходимо описать систему в условиях неопределённости, что характерно для финансовых рынков, поэтому обосновывает применение байесовских нейросетей для моделирования рисков. Для прогнозирования рисков на финансовых рынках байесовские сети доверия помогают количественно оценить неопределённость и принять обоснованные решения на основе доступной информации. Более того, использование такого подхода может обнаруживать скрытые факторы, влияющие на риски, позволяя принять более обоснованные решения.

Важно отметить, что любой метод оценки рисков имеет свои ограничения и не может быть использован как единственный и исчерпывающий. «Использование для моделирования рисков байесовских нейросетей следует рассматривать как один из инструментов, способствующих улучшению оценки рисков в инвестиционных проектах» [6].

Байесовские модели пространства состояний получили широкое применение в практической макроэкономике. Такая популярность обусловлена тем, что множество макроэкономических и эконометрических моделей могут быть представлены в виде моделей пространства состояний, которые затем могут быть оценены на реальных данных [7].

В заключение отметим, что байесовские нейросети позволяют моделировать риски на финансовых рынках и осуществлять оценку уровня неопределенности, являясь базой для разработки рекомендаций по принятию управленческих решений. Преимуществами метода с использованием байесовских нейросетей по сравнению с традиционными аналитическими подходами являются: гибкость и адаптивность модели к различным сферам деятельности, интерпретируемость за счёт предоставления большего объема информации, возможность автоматизировать процесс моделирования и прогнозирования рисков. Среди недостатков можно выделить: сложность вычислительного процесса, который требует наличия времени и мощных вычислительных систем, зависимость от обучающей выборки, так как сбор необходимого объема данных является трудоемкой задачей и отсутствие гарантий абсолютной точности прогнозов в отличие от аналитических моделей, которые опираются на строгие математические расчеты.

В то же время отметим, что байесовские нейронные сети способны решать задачи, сложно реализуемые классическими методами математического моделирования. Несмотря на то, что байесовские нейронные сети обладают широким потенциалом для моделирования рисков на финансовых рынках, важно понимать ограничения их использования и сочетать с традиционными аналитическими методами, выбирая наиболее подходящий подход для каждой конкретной задачи.

Список источников

1. Бобков И.А., Бурдина А.А., Нехрест-Бобкова А.А. Моделирование неопределенности при помощи нейронных сетей // *Ars Administrandi* (Искусство управления), 2023. – Т. 15, № 1. – С. 45-59.
2. Смирнова Л.Н. Оценка рисков инновационного проекта с применением теории нечетких множеств и байесовских сетей // *Торговля, сервис, индустрия питания*, 2023. – № 3 (2). – С. 184-193.
3. Доманов А.О. Основы байесовского подхода к количественному анализу (на примере евроскептицизма) // *Полит. Наука*, 2021. – № 1. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/osnovy-bayesovskogo-podhoda-k-kolichestvennomu-analizu-na-primere-evroskeptitsizma> (дата обращения: 13.09.2024).
4. Прокопчина С.В. Сверточный подход к интеграции методов искусственного интеллекта и теории измерений на основе байесовских интеллектуальных технологий. Концепция байесовской измерительной нейросети. Концепция ИИТ – интеллектуального ИИТ // *Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям*, 2021. – Т. 1. – С. 3-8.
5. Корнеев Д.С. Использование аппаратных нейронных сетей для построения моделей оценок и управления рисками на предприятии // *УБС*, 2007. – № 17. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-apparata-neyronnyh-setey-dlya-sozdaniya-modeli-otsenki-i-upravleniya-riskami-predpriyatiya> (дата обращения: 13.09.2024).
6. Торопова А.В. Подходы к диагностике согласованности данных в байесовских сетях доверия // *Тр. СПИИРАН*, 2015. – выпуск 43. – С. 156-178.
7. Селезнев С., Хабибуллин Р. Быстрая оценка байесовских моделей пространства состояний с использованием симуляций // *Серия препринтов об экономических исследованиях*, декабрь 2022. – № 104. – С. 42.

Информация об авторе

Ярошев Иван Львович, аспирант Московской международной академии, г. Москва, Россия

Information about the author

Yaroshev Ivan Lvovich, PhD student at the Moscow International Academy, Moscow, Russia