

УДК 33     DOI: 10.14451/1.242.364

# Логико-лингвистическое моделирование для моделирования сложных экономических систем в промышленности: теоретические основы и принципы

© 2025 Суздалева Наталья Николаевна

Старший преподаватель кафедры Менеджмент. Санкт-Петербургский филиал Финансового университета при Правительстве РФ, Россия, Санкт-Петербург.

E-mail: NNSuzdaleva@fa.ru

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, компьютерные языковые технологии, логико-лингвистическое моделирование, математическая лингвистика, фреймворк.

В статье рассматриваются теоретические основы и принципы логико-лингвистического моделирования как подхода, позволяющего удовлетворить информационно-аналитические потребности промышленных предприятий, в том числе и лиц, принимающих важные хозяйственные решения как на уровне отдельного предприятия, так и отраслей промышленности, экономики в целом благодаря использованию достигнутых результатов таких научных направлений, как компьютерные языковые технологии, математическая лингвистика, искусственный интеллект. Также обозначена роль искусственного интеллекта в логико-лингвистическом моделировании.

На сегодняшний день логико-лингвистическое моделирование (символьные описания с использованием специально созданных искусственных языков [5]) как инструмент моделирования сложных экономических систем, способно создать новую картину мира, которая учитывает последние достижения науки, в том числе и сферы информационных технологий. Такая картина мира включает в себя три основных группы переменных, а именно смысл, структурированную неопределенность и явления. Из этих составных частей и формируются все системы, в том числе и хозяйственные, в отношении которых реализуются управленческие решения. Фактически логико-лингвистическое моделирование

представляет собой пример математического аппарата, относящегося скорее к постнеклассической науке.

Искусственный интеллект в таком контексте означает определенную математическую модель, позволяющую решать интеллектуальные задачи, которые ранее мог выполнять только человек. То есть речь идет о решении сложных задач классификации, обработки изображений, выполнении других аналитических действий. В хозяйственной сфере обозначенная технология имеет значимую роль, так как позволяет автоматизировать не только работу сотрудников, задействованных на линейном уровне,

но и управленческого персонала. Технология способна высвободить часть трудовых ресурсов, усилить потенциал генерирования чистой прибыли компаниями, решить другие задачи, которые стоят перед промышленными предприятиями [1, с. 91]. Вместе с тем на текущий момент такая основа логико-лингвистического моделирования является ограниченной, но с учетом того, что в этой сфере ежегодно появляются новые решения и достижения, в ближайшем будущем возрастет интерес российских предприятий к искусственному интеллекту и нейротехнологиям, системам распределенного реестра [2, с. 1056].

Еще одним элементом основы осуществления логико-лингвистического моделирования является совокупность компьютерных языковых технологий, способных обеспечить качественную обработку естественных и других языков. Речь идет о понимании смысла, тональности сообщения, генерировании ответа, то есть операциях, характерных при использовании языкового коммуникационного инструмента. На современном этапе мощность компьютерных систем существенно повышается, что позволяет задействовать больше оперативной памяти, других мощностей для решения различных языковых задач. В таких условиях создается необходимая теоретическая и практическая основа для использования логико-лингвистических моделей в практике хозяйственной деятельности промышленных предприятий.

Третьим теоретическим элементом выступает математическая лингвистика – одна из математических дисциплин, используемых для применения формальных инструментов описания структуры естественных и других языков. Хотя некоторые авторы указывают на математическую лингвистику как направление применения искусственного интеллекта, но он может быть лишь одним из подходов для решения задач в этой сфере. Поэтому математическая лингвистика представляет более широкое понятие, включающее разнообразные подходы для формализации естественного языка и обработки

соответствующей информации [3].

С учетом того, что логико-лингвистическое моделирование пытается структурировать определенные знания, генерируемые не только в числовом виде, но и в виде естественных фраз и характеристик, то такая теоретическая и практическая основы, как указанные три направления, позволяют существенно повысить качество работы аналитика, использующего логико-лингвистическое моделирование для решения практических задач обеспечения функционирования промышленной сферы страны.

Можно выделить множество различных принципов логико-лингвистического моделирования [4]:

- Принцип достаточности используемой информации.
- Принцип инвариантности используемой информации.
- Принцип преемственности моделей.
- Принцип эффективной реализуемости комплекса экономико-математических моделей.
- Принцип экономической эффективности.
- Принцип историчности.
- Принцип множественности адекватных логических операций.
- Принцип учета тесной взаимосвязи между логикой и онтологией.
- Принцип взаимодополняемости различных теорий истины.
- Принцип широкого использования неклассических семантик.
- Принцип разнообразия семиотических систем и моделей.
- Принцип лингво-логико-алгебраического моделирования не-факторов.
- Принцип единого алгебраического представления лингвологических структур.

Принцип достаточности информации означает, что для создания адекватной логико-лингвистической модели, описывающей определенные экономические процессы и явления, важно, чтобы объем используемой информации, необходимый для отражения взаимосвязи,

внутренней структуры, был достаточным. При этом должна быть уверенность в точности соответствующей информации. В противном случае используемые предпосылки и данные не позволят создать ментальную копию исследуемого явления или процесса.

Принцип информативности используемой информации означает, что учитываемая числовая и другая информация, используемая на этапе построения соответствующей модели, должна быть независимой от параметров создаваемой модели.

Принцип преемственности моделей означает, что, создавая новую модель, важно учитывать результаты аналитической подготовки и построения предыдущей. Необходимо, чтобы свойства объекта, выбираемые параметры, прочие аспекты не перечили данным предыдущих моделей, адекватность которых уже была доказана. Конечно, речь идет о взаимосвязанных между собой явлениях.

Принцип эффективной реализуемости комплекса экономико-математических моделей важен как в контексте использования компьютера для проведения расчетов, так и дальнейшего практического применения результатов модели человеком. Прежде всего, следует отметить, что любая логико-лингвистическая модель не должна быть настолько сложной, что управленец, который будет основывать на ней свое решение, не сможет осмыслить ее полностью. Кроме этого, имеет значение удобство и расходы рабочего времени аналитика, работающего с моделью. Следует учитывать и расходы финансовых ресурсов на обеспечение работы компьютерной техники, например, в процессе вычисления параметров, построения самой логико-лингвистической модели.

Так как речь идет о построении модели, отражающей определенные системные явления, нет сомнений, что такая модель может оказаться крайне большой и сложной. Значимым следует признать принцип экономической эффективности. Он состоит в том, что расходы на создание

модели не должны быть чрезмерными, то есть должны оправдываться полученным экономическим эффектом от практического применения такой модели. В этом контексте этот принцип несколько похож на предыдущий. Так как речь идет об описании сложных явлений и процессов, можно выделить огромное количество факторов, что потребует привлечения большого количества специалистов для составления, оптимизации, использования полученного результата. Поэтому следует всегда учитывать ожидаемый эффект от конкретного логико-лингвистического решения, и выбирать путь решения актуальной задачи, позволяющий достичь положительной рентабельности осуществляемых действий.

Принцип историчности означает, что при построении логико-лингвистической модели важно учитывать знания, сгенерированные в смежных отраслях, и используемые для решения похожих задач. В этом случае аналитику для достижения намеченных результатов необходимо потратить меньше усилий.

Принцип лингво-логико-алгебраического моделирования не-факторов означает, что следует использовать адекватные мнения, мягкие оценки, суждения. Особенностью логико-лингвистического моделирования является возможность математического и семантического описания систем, что было бы невозможно без использования такого подхода. Не всегда с помощью числовой информации можно измерить различные аспекты. С другой стороны, важно придерживаться подходов, способных сопоставлять между собой мягкие оценки одной и той же характеристики исследуемой системы.

Принцип широкого использования неклассических семантик означает, что применяются, в том числе и рассмотренные далее нечеткие множества. Также речь может идти о применении многозначных и других семантик. Все это позволяет лучше описывать различные стороны сложных многоуровневых и многогранных систем в экономической жизни страны или предприятия.

Принцип логического плюрализма проявляется

в том, что для решения одних и тех же аналитических задач можно использовать различные подходы. Аналитик должен выбрать оптимальные для решения конкретной интеллектуальной задачи по построению логико-лингвистической модели.

Интеллектуальная система означает определенную совокупность технических и программных средств, обеспечивающих решение творческих, интеллектуальных задач, ранее характерных только для человека. Следовательно, интеллектуальное решение – это совокупность программно-аппаратных комплексов, способных автоматизировать самые различные задачи, ранее выполняемые только человеческим интеллектом.

В таком контексте обычно говорят об искусственном интеллекте, как определенной математической модели, способной распознавать образы, извлекать данные из предложений, осуществлять другие действия в контексте логико-лингвистического моделирования. Говоря об интеллектуальных решениях, следует раскрыть набор имеющихся инструментов для выполнения задач в этой сфере и в первую очередь сделать акцент на семействе программных продуктов. Прежде всего, важным является такой комплекс как TensorFlow, созданный компанией Google [6]. Это фреймворк, то есть совокупность самых различных модулей, библиотек, позволяющих решать всю совокупность задач, связанных с подготовкой и использованием модели искусственного интеллекта.

Положительными чертами такого программно-го комплекса является относительная легкость программного интерфейса для разработчиков, мощное сообщество, делающее свой вклад в программный код, хорошо структурированная и детальная документация касательно использования возможностей такого программного обеспечения. TensorFlow использует Python как основной язык программирования. Программа позволяет масштабировать интенсивность деятельности, адаптирована к высоким вычислительным нагрузкам. Может использоваться как

процессор, так и видеокарта для осуществления расчетов, связанных с построением модели искусственного интеллекта.

Конечно, TensorFlow является не единственным решением в этой сфере. Существует огромное количество других фреймворков, в том числе и от известных технологических гигантов, обозначенных в таблице 1. Если TensorFlow создан силами сотрудников Google, то существуют также решения от Amazon, Microsoft и других. Важными программами в этой сфере являются Microsoft CNTK, Caffe, Theano, Amazon Machine Learning, Torch, Accord.Net, Apache Mahout, Spark MLlib.

Когнитивный набор инструментов от Microsoft также является быстрым и довольно универсальным фреймворком. Как и предыдущий инструмент, он распространяется на условиях open source, то есть нет необходимости приобретать дорогую платную лицензию. Любое промышленное предприятие, желающее обеспечить надлежащую информационно-аналитическую поддержку собственной работы, имеет возможность бесплатно использовать такой инструмент. Он основывается на нейронных сетях, обеспечивающих работу с сообщениями, текстом, голосом. Такое интеллектуальное решение характеризуется возможностями масштабирования для решения самых различных задач. При этом этот продукт способен интегрироваться с крупными массивами данных, что упрощает аналитические процедуры.

Среди особенностей следует отметить высокую скорость, масштабируемость, наличие встроенных компонентов, например, гиперпараметров, усиление, модели контролируемого обучения и другое. Поскольку он поддерживает Python и C++, этот фреймворк может работать с несколькими серверами одновременно и, следовательно, делает процесс обучения более быстрым. Архитектура Microsoft CNTK поддерживает GAN, RNN и CNN. Она позволяет проводить распределенное обучение для эффективной тренировки машинных моделей. Минусом является отсутствие панели визуализации.

**Таблица 1.** Программы и программные комплексы (фреймворки) в сфере разработки и использования искусственного интеллекта.

| Фреймворк               | Язык программирования   | Оупен-сорс | Особенности архитектуры   |
|-------------------------|-------------------------|------------|---|
| TensorFlow              | C++ or Python           | Да         | Использует структуры данных   |
| Microsoft CNTK          | C++                     | Да         | На базе GPU/CPU. Она поддерживает RNN, GNN и CNN  |
| Caffe                   | C++                     | Да         | Архитектура поддерживает CNN  |
| Theano                  | Python                  | Да         | Гибкая архитектура, позволяющая развернуть ее на любом GPU или CPU                              |
| Amazon Machine Learning | Несколько языков        | Да         | Происходит из Amazon, использует AWS  |
| Torch                   | Lua                     | Да         | Архитектура позволяет выполнять мощные вычисления   |
| Accord.Net              | C#                      | Да         | Возможность научных вычислений и распознавания образов  |
| Apache Mahout           | Java, Scala             | Да         | Способность заставлять машины обучаться без необходимости программирования                      |
| Spark MLlib             | R, Scala, Java и Python | Да         | Драйверы и исполнители работают в своих процессорах - горизонтальных или вертикальных кластерах |

Источник: составлено автором по материалам [6], [7], [8], [9].

Torch представляет собой фреймворк, обеспечивающий проведение самых различных операций в сфере искусственного интеллекта. Он предлагает несколько алгоритмов для быстрого создания и использования сетей глубокого обучения. Существует альтернативное решение на языке Python, являющееся более простым и надежным. Особенности такого продукта являются множеством процедур для транспонирования, индексирования, нарезки массива данных; есть процедура оптимизации; поддержка взаимодействия с видеокартами для решения числовых задач; интегрируется с Android и iOS. Таким образом, существует большое количество предложений в этой сфере.

Таким образом, в качестве основы осуществления логико-лингвистического моделирования выступают искусственный интеллект, математическая лингвистика, а также совокупность компьютерных языковых технологий. Можно выделить множество различных принципов логико-лингвистического моделирования, такие как принцип преемственности моделей, экономической эффективности, учета тесной взаимосвязи между логикой и онтологией, взаимодополняемости различных теорий истины, широкого использования неклассических семантик, единого алгебраического представления лингвологических структур.

### Библиографический список

1. Суздалева Н. Н. Потенциал использования нейросетей промышленными предприятиями в условиях российской действительности // Вопросы экономики и права. – 2022. – С. 91–94.
2. Суздалева Н. Н. Тенденции и потенциал цифровой трансформации предприятий в Российской Федерации // Вопросы инновационной экономики. – 2021. – Т. 11, № 3. – С. 1047–1062.
3. Суздалева Н. Н. Развитие отраслевых инструментов обоснования региональной промышленной политики (на материалах приборостроения) : дис. ... канд. экономических наук : 5.2.3 / Суздалева Наталья Николаевна. – СПб., 2024. – 208 с.
4. Тарасов В. Б. Логико-лингвистические модели в искусственном интеллекте: прошлое, настоящее, будущее. – URL: <http://posp.raai.org/data/posp2005/Tarasov/tarasov.html> (дата обр. 06.01.2025).

5. Язов Ю. К., Соловьев С. В., Тарелкин М. А. Логико-лингвистическое моделирование угроз безопасности информации в информационных системах // Вопросы кибербезопасности. – 2022. – 4(50). – С. 13–25.
6. Apache Mahout. – URL: <https://mahout.apache.org> (visited on 01/06/2025).
7. How Amazon Uses Machine Learning? – URL: <https://www.geeksforgeeks.org/how-amazon-uses-machine-learning> (visited on 01/06/2025).
8. Spark MLlib. – URL: <https://spark.apache.org/mllib> (visited on 01/06/2025).
9. TensorFlow. – URL: <https://www.tensorflow.org> (visited on 01/06/2025).
10. Top 9 Frameworks in the AI World. – URL: <https://geekflare.com/ai-frameworks> (visited on 01/06/2025).