

11. Баранчиков А. И., Федосова Е. Б. Реинжиниринг реляционных баз данных на основе кластеризации атрибутов и технологий интеллектуального анализа данных // Вестник РГРТУ. 2023. № 86. С. 156-161.

УДК 004.896; ГРНТИ 50.51.15

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ FESTO В CHATGPT

В.Н. Дубинин*, В.Н. Зорин*, А.В. Дубинин, Л.П. Климкина****

** Пензенский государственный университет,*

Российская Федерация, Пенза, dubinin.victor@gmail.com

*** Пензенский государственный аграрный университет,*

Российская Федерация, Пенза, ludmila.klimkina@gmail.com

Аннотация. Предлагается подход к моделированию и верификации производственных систем с использованием больших языковых моделей, используемых в чат-боте ChatGPT, причем функционирование системы представляется в виде множества продукционных правил. С целью верификации системы разрабатываются вопросы, касающиеся ее динамических свойств, на которые ChatGPT дает ответ. В качестве примера рассматривается лабораторная производственная система фирмы FESTO Didactic.

Ключевые слова: большие языковые модели, ChatGPT, моделирование, верификация, производственная система, продукционные правила, логический вывод, FESTO.

MODELING AND VERIFICATION OF THE FESTO PRODUCTION SYSTEM IN CHATGPT

V.N. Dubinin*, V.N. Zorin *, A.V. Dubinin, L.P. Klimkina****

** Penza State University,*

Russia, Penza, dubinin.victor@gmail.com

*** Penza State Agricultural University,*

Russia, Penza, ludmila.klimkina@gmail.com

Abstract. An approach to modeling and verifying production systems using large language models used in the ChatGPT chatbot is proposed, with the system's operation represented as a set of production rules. In order to verify the system, questions are developed regarding its dynamic properties, to which ChatGPT seeks answers. As an example, the laboratory production system of FESTO Didactic is considered.

Keywords: large language models, ChatGPT, modeling, verification, production system, production rules, logical inference, FESTO.

Недавние достижения в обработке естественного языка привели к разработке мощных больших языковых моделей (LLM), таких как GPT-3.5 и GPT-4, используемых в чат-боте ChatGPT. Эти модели предварительно обучены на огромных объемах текстовых данных и продемонстрировали исключительную производительность в широком спектре задач обработки естественного языка, включая языковой перевод, реферирование текста и ответы на вопросы. В частности, модели ChatGPT показали свой потенциал в различных областях, включая образование, здравоохранение, рассуждение, генерацию текста, взаимодействие человека и машины и научные исследования [1].

Однако до сих пор не все сферы науки и техники охвачены новой технологией в полной мере. Это относится, в частности, к имитационному моделированию и верификации систем. Работы в этом направлении ведутся. В работе [2] предложен системный подход к интеграции генеративного искусственного интеллекта в сферу имитационного моделирования - от формулирования проблем до генерации идей и документирования. В работе [3] представлен всесторонний обзор литературы по применению LLM в различных методах верификации. Отмечено, что, несмотря на многообещающие достижения, предлагаемые этой новой технологией, важно помнить о присущих LLM ограничениях, которые приводят к неверным

предсказаниям. Рассуждение (reasoning) является фундаментальным аспектом человеческого интеллекта, который играет решающую роль в таких действиях, как решение проблем и принятие решений. Ризонинг очень важен во многих методах верификации, в том числе, основанных на доказательствах. В статье [4] представлен всесторонний обзор текущего состояния знаний о рассуждении в LLM.

Цель данной работы - проверка возможностей ChatGPT для моделирования и верификации производственных систем, других систем в области промышленной автоматизации, а также выявление проблем, встречающихся на этом пути. В качестве примера была использована лабораторная производственная система фирмы FESTO Didactic [5].

За основу словесного описания станций системы FESTO для ввода в чат-бот ChatGPT (в виде так называемых *prompt*) были взяты публикации [6-8]. В данных публикациях каждая станция FESTO описывалась в виде простейшей онтологии, определяющей структуру станции и состояния ее компонентов, а функционирование системы представлялось в виде системы продукционных правил, которые в дальнейшем реализовывались на языке SPARQL. Для верификации системы правил были разработаны модели на основе сетей Петри, исследование которых было произведено в системе моделирования TINA.

Производственная система FESTO предназначена для изготовления некоторых законченных деталей из поступающих на ее вход заготовок (рис. 1). Она состоит из трех станций: распределительной (слева), тестирующей (в центре) и обрабатывающей (справа). В процессе изготовления детали заготовка (в виде шайбы) последовательно проходит через все три станции.

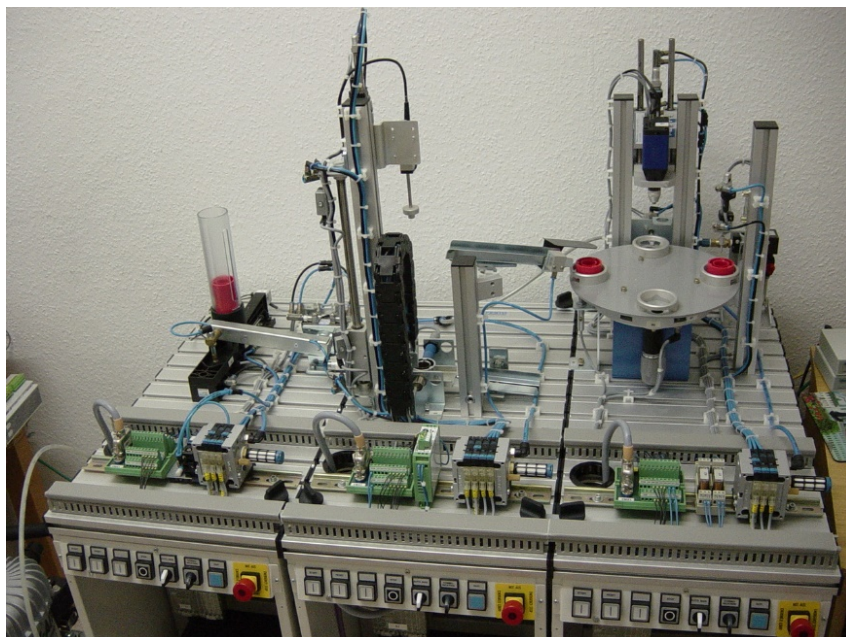


Рис. 1. Производственная система FESTO

Распределительная станция служит для буферирования поступающих от внешнего производителя заготовок, тестирующая станция – для контроля и отбраковки нестандартных заготовок, а обрабатывающая станция – для сверления в заготовке отверстия. Обработанная деталь может быть передана внешнему потребителю готовых деталей. В дальнейшем для краткости заготовку будем называть деталью (*workpiece*).

Эксперименты с чатботом ChatGPT производились в следующем формате. В первой порции вводимых данных (*prompt*) вводилось текстовое описание станции (на русском языке), а во второй и последующей порциях вводились вопросы, касающиеся функционирования станции и ее динамических свойств.

Первую порцию вводимых данных можно разбить на следующие логические фрагменты (которые дальнейшем будут помещаться в рамку):

- перечень устройств (и других артефактов), имеющих отношение к станции;
- описание устройств (опционально);
- описание взаимосвязей и взаимодействия устройств в системе (опционально);
- локальные состояния станции;
- начальные локальные состояния;
- действия;
- продукционные правила, описывающие функционирование.

Кроме мехатронных устройств в описании функционирования станций могут использоваться переменные и флаги, как правило, хранящие некоторую статусную информацию. Например, в модели тестирующей станции используется флаг измерения высоты детали.

Описание артефактов обрабатывающей станции приведено ниже. Следует отметить, что англоязычные обозначения, используемые в данном описании, не являются обязательными и используются исключительно для связи со статьей - оригиналом описания [7].

В состав обрабатывающей станции входят следующие мехатронные устройства:

Table – поворотный стол (или просто стол);

Drill – дрель;

Clamp – зажим;

Checker – проверочный стержень.

В состав обрабатывающей станции входят следующие флаги:

Flag - флаг, определяющий запрос на поворот стола.

Динамическим элементом является деталь (workpiece). Она обрабатывается на станции.

Если устройство само по себе сложное, то приводится описание этого устройства и особенностей его функционирования. Например, поворотный стол в обрабатывающей станции описывается следующим образом:

Поворотный стол включает четыре лунки v1,v2,v3,v4 , жестко расположенные по краям стола, одна за другой, равноудаленные друг от друга. В лунку может быть помещена деталь. Каждая лунка может находиться в одной из четырех пространственных позиций L1, L2, L3, L4, которые следуют одна за другой в перечисленном выше порядке.

Первоначально лунки находятся в следующих позициях:

v1 -> L1

v2 -> L2

v3 -> L3

v4 -> L4

При повороте стола лунки переходят в свои последующие позиции, то есть, происходит перемещение лунок по позициям поворотного стола. Например, после первого поворота стола распределение лунок по позициям будет следующим:

v1 -> L2

v2 -> L3

v3 -> L4

v4 -> L1

Лунка в позиции L1 является входной для поступающей извне детали. Над лункой с позицией L2 находится дрель. Сбоку от лунки с позицией L2 находится зажим. Над лункой с позицией L3 находится проверочный стержень. Лунка с позицией L4 является выходной для обработанной детали.

Магазин (буфер) распределительной станции описывается так:

Внешний производитель помещает детали в буфер деталей распределительной станции, где они

могут накапливаться. Буфер организован как очередь с дисциплиной обслуживания FIFO. Считается, очередь имеет бесконечную емкость.

Одним из вариантов усложнения модели распределительной станции в дальнейшем является рассмотрение буфера с ограниченной емкостью, реализованного в виде кольцевого буфера. Следует отметить, что отдельно была создана и исследована словесная модель кольцевого буфера, причем алгоритмы включения и удаления детали из буфера были написаны на псевдокоде. Данная модель показала свою работоспособность. Пример одной из процедур представлен ниже:

```

ПРОЦЕДУРА READ(ELEM)
ЕСЛИ iw=ir, ТО MES="Выборка детали невозможна из-за пустоты буфера"
ИНАЧЕ
    ДЕЛАТЬ
        ELEM=m[ir]
        ir=ir#1
        MES="Нормальное выполнение выборки детали"
        ZF=false
    КОНЕЦ
КОНЕЦ ПРОЦЕДУРЫ
    
```

Если предположить, что GPT «понимает» любую контекстную информацию и использует ее для получения решений, то имеет смысл словесного описания взаимодействий устройств в системе, несмотря на то, что функционирование представлено в виде производственных правил. По крайней мере, это позволит использовать ее в качестве дополнительной семантической информации для контроля и более глубокого понимания производственных правил. В качестве примера ниже приводится описание взаимосвязей и взаимодействия устройств в распределительной станции.

При помощи выталкивателя деталь выталкивается из буфера (иными словами, выбирается из начала очереди) и сдвигается в выходное место (Output_place), откуда транспортный рычаг перемещает ее на тестирующую станцию. Удержание детали на транспортном рычаге осуществляет расположенная на его конце вакуумная присоска. Присасывание детали происходит, когда включен вакуум.

Локальные состояния определяют состояния отдельных устройств, флагов, признаков, а также состояние детали. В скобках через слеш после названия указываются возможные значения состояний. Для каждого объекта определены два состояния. Их можно представить в виде булевых значений – Истина и Ложь.

Например, для обрабатывающей станции определены следующие локальные состояния.

- состояние дрели (в верхнем положении / в нижнем положении)
- состояние зажима (отведен / зажат)
- состояние проверочного стержня (в верхнем положении / в нижнем положении)
- состояние лунки поворотного стола (содержит деталь / не содержит деталь)
- значение флага запроса на поворот стола (установлен / сброшен)

В описании тестирующей станции участвуют локальные состояния, связанные с деталью.

- деталь в системе (да/нет);
- цвет детали (годный /негодный);
- высота детали (годная / негодная);

- признак «деталь годная» (да /не определено);
- признак «деталь бракованная» (да /не определено).

Начальные локальные состояния для обрабатывающей станции задаются таким образом:

- лунка в позиции L1 содержит деталь;
- лунки в позициях L2, L3, L4 не содержат деталей;
- дрель находится в верхнем положении;
- зажим отведен;
- проверочный стержень находится в верхнем положении;
- установлен флаг запроса поворота стола.

Во фрагменте «Действия» описываются действия, происходящие в системе. В их терминах описывается функционирование станции в рамках производственных правил.

В работе распределительной станции могут быть выделены следующие действия:

- выдвинуть выталкиватель
- втянуть выталкиватель
- переместить деталь из буфера в выходное место
- перенести транспортный рычаг на сторону распределительной станции
- перенести транспортный рычаг на сторону тестирующей станции
- включить вакуум присоски
- выключить вакуум присоски
- освободить выходное место
- включить деталь в состав деталей на тестирующей станции.

В работе обрабатывающей станции могут быть выделены следующие действия:

- повернуть стол
- сбросить флаг запроса поворота стола
- зажать деталь (иначе, подвести зажим)
- отвести зажим
- включить и опустить дрель
- поднять и выключить дрель
- опустить проверочный стержень
- поднять проверочный стержень
- убрать деталь из лунки в позиции L4

Каждое действие приводит к изменению одного или нескольких локальных состояний.

ChatGPT должен правильно сопоставлять каждое действие с теми изменениями локальных состояний, которые с ним связаны. Следует заметить, что в ChatGPT никаких явных указаний на этот счет не было сделано. И в большинстве случаев проблем с этим не возникало, за исключением проблем с флагом измерения высоты в тестирующей станции. Это было связано с тем, что двусмысленно и нечетко (с терминологической точки зрения) описан флаг измерения высоты в декларациях и в производственных правилах. После уточнения проблема исчезла. Следует отметить, что языковые модели очень чувствительны к качеству словесного описанию, поэтому надо быть предельно аккуратным.

Динамика функционирования станций определяется с помощью производственных правил. Производственное правило имеет следующую структуру: ЕСЛИ <Условие>, ТО <Действие>. Для модели распределительной станции было разработано 7 правил, для моделей тестирующей и обрабатывающей станций – 9 правил.

Ниже представлен фрагмент prompt, содержащий производственные правила функционирования распределительной станции:

Правило В1. ЕСЛИ число деталей, поставленных внешним производителем, больше нуля, ТО поместить деталь в буфер И, уменьшить число деталей, поставленных внешним производителем, на единицу.

Правило В2. ЕСЛИ буфер не пуст И, выталкиватель втянут И выходное место свободно, ТО выдвинуть выталкиватель, переместить деталь из буфера в выходное место.

Правило В3. ЕСЛИ выталкиватель выдвинут, ТО втянуть выталкиватель

Правило В4. ЕСЛИ выходное место содержит деталь И транспортный рычаг на стороне тестирующей станции И вакуум выключен, ТО перенести транспортный рычаг на сторону распределительной станции.

Правило В5. ЕСЛИ выходное место содержит деталь И транспортный рычаг на стороне распределительной станции И вакуум присоски выключен, ТО включить вакуум присоски.

Правило В6. ЕСЛИ транспортный рычаг на стороне распределительной станции И выходное место содержит деталь И вакуум присоски включен, ТО перенести транспортный рычаг на сторону тестирующей станции И освободить выходное место.

Правило В7. ЕСЛИ транспортный рычаг на стороне тестирующей станции И вакуум присоски включен, ТО выключить вакуум присоски, включить деталь в состав деталей на тестирующей станции.

Примечание: Правило называется разрешенным (или активным), если оно в данный момент имеет истинное условие.

С целью валидации модели и верификации системы для каждой из станций были разработаны вопросы, касающиеся динамических свойств. Все вопросы можно поделить на следующие классы:

- о возможности (или неизбежности) перехода детали в определенное состояние или в определенную позицию;
- о состоянии устройств и флагов при определенных условиях в системе;
- о перечислении порядка срабатывания правил для достижения специфицированного состояния или действия;
- о возможности несколько разрешенных правил;
- о возможности ситуации, когда ни одно из правил не является разрешенным;
- о детерминированности функционирования системы;
- о наличии конфликтных правил;
- о числе действий, выполняемых устройством;
- о возможности (или неизбежности) предшествования действия одного устройства по отношению к действию другого устройства;
- о возможности (или неизбежности) выполнения действия устройством при заданных условиях;
- о возможности (или неизбежности) перехода всех устройств в свои начальные состояния;
- о возможности (или неизбежности) перехода всех устройств в «обездвиженное» состояние (то есть, когда они потеряют возможность совершать какие-либо действия).

Следует отметить, что в вопросах фигурируют операторы временной логики «возможно» и «неизбежно».

Для проверки станций было выполнено следующее число запросов: для распределительной станции – 13; для тестирующей станции – 13; для обрабатывающей станции – 17.

Ниже представлен фрагмент *prompt*, содержащий некоторые из запросов к словесной модели тестирующей станции системы FESTO. В данной модели были установлены такие начальные условия, при которых цвет и высота детали годные, а устройства находятся в своих исходных состояниях.

1. При данном начальном состоянии, в результате функционирования системы, попадет ли деталь в класс годных деталей?
2. При данном начальном состоянии, перечисли последовательность правил, которая приводит к завершению обработки детали. Завершением обработки детали считается ситуация, когда ни одно из правил не является разрешенным.
3. Каково состояние выталкивателя по завершению обработки детали на тестирующей станции?
4. Каково состояние измерительного стержня по завершению обработки детали на тестирующей станции?
5. При данном начальном состоянии, в результате функционирования системы, может ли быть несколько разрешенных правил?
6. При данном начальном состоянии, в результате функционирования системы, сколько действий выполняет лифт?
7. Верно ли, что при заданном начальном состоянии, в процессе функционирования системы, действие выталкивателя предшествует действию лифта?
8. Верно ли, что при любых параметрах входной детали (цвет, высота) при заданных начальных состояниях устройств, неизбежно движение лифта вверх?
9. Верно ли, что при любых параметрах входной детали (цвет, высота) при заданных начальных состояниях устройств, все устройства тестирующей станции неизбежно придут в свои начальные состояния?
10. Верно ли, что при любых параметрах входной детали (цвет, высота) при заданных начальных состояниях устройств, все устройства тестирующей станции неизбежно перестанут двигаться?

В результате обработки запросов ChatGPT выдала следующие ответы. Ниже ответы представлены в формате <номер вопроса> - <ответ>: 1 – да; 2 – A2,A3,A5,A8,A6,A9; 3 – втянут; 4 – поднят; 5 – нет; 6 – 2; 7 – нет; 8 – нет; 9 – да; 10 – да. Все ответы оказались правильными. Проверка ответов также производилась на онтологической модели с использованием SPARQL-запросов и с использованием сетей Петри, описанных в работах [6-8].

В заключение следует отметить, что чат-бот ChatGPT полностью справился с решением тех задач, которые были определены. Как показали эксперименты, с его помощью можно производить моделирование и верификацию, по крайней мере, несложных систем. Он может выполнять логический вывод на продукционных правилах, а также выполнять алгоритмы, определенные на псевдокоде. Кроме того, он правильно интерпретирует операторы временной логики, что, однако, требует проверки на более сложных примерах. Следует также отметить, что начальная текстовая модель должна быть очень тщательно сформулирована, в ней не должно быть неточностей, двусмысленностей и противоречивых описаний, иначе ответы на вопросы могут быть некорректными.

Библиографический список

1. Ozdemir S. Quick Start Guide to Large Language Models: Strategies and Best Practices for Using ChatGPT and Other LLMs. - Addison-Wesley Professional. 2023. - 288 p.
2. Akhavan A., Jalali M.S. Generative AI and simulation modeling: how should you (not) use large language models like ChatGPT // System Dynamics Review, 40, May 2024. 27 P.
3. Dan Yu D., et al. Large Language Model for Verification: A Review and Its Application in Data Augmentation // Int. Conf. "Design and Verification" (DVCon-2024), San Jose, CA, USA, 2024. 8 p.
4. Huang J, Chang K.C.C. Towards Reasoning in Large Language Models: A Survey // Findings of the Association for Computational Linguistics: ACL 2023. pp. 1049–1065.
5. FESTO Didactic [Электронный ресурс] – URL: <https://ip.festo-didactic.com/Infoportal/EN/index.html>.
6. Дубинин А.В., Дубинин В.Н. Онтологическое моделирование тестирующей станции производственной системы FESTO // В сборнике: Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы. сборник статей по материалам X Всероссийской научно-практической конференции. Пенза, 2023. С. 388-391.

7. Дубинин А.В., Ручкин М.А., Дубинин В.Н. Моделирование производственных систем с использованием языка SPARQL // Сборник научных статей Международной научно-технической конференции "Современные информационные технологии", Пенза, 2023, вып. 38. С. 41-55.

8. Дубинин А.В., Дубинин В.Н. Онтологическое моделирование распределительной станции производственной системы FESTO с учетом динамики // Новые информационные технологии и системы (НИТиС-2024). Сборник научных статей по материалам XXI международной научно-технической конференции. Пенза, 2024.

УДК 004.8; ГРНТИ 28.23

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РАМКАХ ПРОЦЕССА ЛОКАЛИЗАЦИИ ВИДЕОИГР

А.О. Сапрыкина, А.А. Яркович

*Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина,
Российская Федерация, Рязань*

Аннотация. В работе рассматриваются особенности использования искусственного интеллекта (ИИ) в процессе перевода и локализации видеоигр. Приводится определение ИИ, рассматривается история его развития, анализируются достоинства и недостатки современных искусственных нейронных сетей. Описывается структура нейросетей и их работа, включая этапы обработки данных и обучения. Характеризуются особенности применения нейросетей в локализации видеоигр.

Ключевые слова: искусственный интеллект, нейросеть, локализация, DeepL, Starfield.

FEATURES OF AI APPLICATION IN VIDEO GAME TRANSLATION WITHIN THE LOCALIZATION PROCESS

A.O. Saprikina, A.A. Yarkovich

*Ryazan State University named after S.A. Yesenin,
Russian Federation, Ryazan*

The summary. This paper discusses the peculiarities of using artificial intelligence (AI) in the translation and localization process of video games. It provides a definition of AI, examines its development history, and analyzes the advantages and disadvantages of modern artificial neural networks. The structure and functioning of neural networks are described, including data processing and training stages. The characteristics of applying neural networks in video game localization are also highlighted.

Keywords: artificial intelligence, neural networks, localization, DeepL, Starfield.

Искусственный интеллект (ИИ) представляет собой направление в области информатики, сосредоточенное на разработке систем, способных выполнять задачи, которые требуют умственных способностей, включая распознавание образов, принятие решений и обучение на основе информации. В самом общем понимании ИИ можно охарактеризовать как интеллектуальные способности, проявляемые машинами, особенно компьютерными системами.

Одно из наиболее известных определений ИИ было предложено Джоном Маккарти в 1956 году на семинаре в Дартмутском колледже:

"Искусственный интеллект — это наука и технология создания интеллектуальных машин, в особенности — интеллектуальных компьютерных программ" [3].

Термин "искусственный интеллект" был введен Джоном Маккарти и его коллегами во время семинара в Дартмуте в 1956 году. Это событие считается началом академической дисциплины ИИ. Исходная цель заключалась в том, чтобы исследовать возможности создания машин, способных выполнять функции, традиционно считающиеся интеллектуальными для человека, такие как решение задач и обучение. С тех пор область ИИ претерпела значительные изменения и расширения, включая разработку различных методов и технологий для достижения поставленных целей.