Научная статья
Original article
УДК 004

ТЕХНОЛОГИЯ «ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ» И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОЦЕССЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ОСНОВНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

THE TECHNOLOGY OF "DIGITAL TWINS" AND ITS APPLICATION IN THE PROCESS OF AUTOMATION OF THE MAIN PROCESSES OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

Арифулин Никита Андреевич, Балтийский федеральный университет

Arifulin Nikita Andreevich, Immanuel Kant Baltic Federal University

Аннотация: В статье рассмотрены особенности применение на современных промышленных предприятиях технологии «цифровых двойников». По мысли автора, несмотря на актуальность рассматриваемой проблемы, ее решение в настоящий момент сталкивается с рядом ограничений, решение которых может прямо повлиять на повышение эффективности автоматизации современных промышленных компаний.

Abstract: The article discusses the features of the use of "digital twins" technology in modern industrial enterprises. According to the author, despite the urgency of the problem under consideration, its solution currently faces a number of limitations, the solution of which can directly affect the increase in the efficiency of automation of modern industrial companies

Ключевые слова: технология «цифровых двойников», промышленные предприятия, автоматизация.

Keywords: technology of "digital twins", industrial enterprises, automation.

Определение и концепция технологии «цифровых двойников» (DT) в интеллектуальном производстве не новы и не уникальны в литературе. Первое определение DT было дано НАСА, заявив, что DT - это «интегрированное мультифизическое, многомасштабное, вероятностное моделирование транспортного средства или системы, которое использует лучшие доступные физические модели, обновления датчиков и пр.

Из этого первого описания эволюционировала концепция DT, и научное сообщество дало несколько определений, отклоненных в различных областях и приложениях. Однако в литературе соответствующие характеристики DT являются общими среди различных описаний, данных авторами. В настоящее время DT упоминается как симуляция физического актива в реальном времени, способная взаимодействовать со своим физическим «двойником», обрабатывать данные, поступающие от него, бесшовно, оптимизировать его производительность, отслеживать и прогнозировать его поведение[2].

Действительно, сегодня доступность данных и информации, поступающих от промышленного оборудования, выше, чем в прошлом, и, как показывают многие исследования, пересечение между моделями оптимизации и доступной информацией еще не изучено полностью. DT необходимо часто обновлять или настраивать, и любые изменения в программном или аппаратном обеспечении физического аналога должны быть тщательно реализованы также в DT. По этой причине DT - это развивающаяся виртуальная сущность [1].

Использование DT для улучшения операционной деятельности в производственной системе рассматривается во всем мире, и многие приложения уже были описаны и опубликованы. DT использовались для считывания состояний машин в реальном времени для решения некоторых

производственных проблем путем взаимодействия с системой управления производством (MES) или путем планирования задач на основе фактического состояния активов, что обеспечивает более надежное решение.

Алгоритмы принятия решений для планирования процесса в CPPS ориентированы на такие цели, как минимизация времени изготовления, незавершенного производства или производственных затрат. Одна из проблем состоит в том, чтобы определить, достаточно ли хорошо текущее принятие решений работает в сложных системах. Улучшение может быть достигнуто путем моделирования эффектов принятия решений в системах планирования. Соответствующая система может составлять график с учетом текущего состояния системы и производственных целей. Вместо использования одного правила приоритета, ориентированного на одну производственную цель, можно рассматривать другие правила, такие как состояние активов или комбинацию различных производственных целей.

Вводя моделирование, можно сравнить влияние различных правил на систему. Более того, использование различных методов искусственного и интеллекта может улучшить процесс принятия решений при наличии неопределенности [3].

Совместное моделирование представляет собой сложную и неоднородную систему, реализованную распределенным образом. Для представления всей системы создаются различные имитационные модели, но их можно использовать как черный ящик. Это позволяет разделить проблемы и обеспечивает очень гибкие решения. Фактически, имитационные модели могут быть построены с помощью различного программного обеспечения и запускаться как автономные модели.

Многодоменный сценарий применяется для описания сложных систем с учетом большего количества дисциплин в моделировании DT, например термодинамики, механического поведения, рабочих характеристик и т. д., Поэтому необходимы дополнительные требования для лучшего описания или представления сложной системы.

Связь между машиной и моделью должны быть тщательно продумана, чтобы понять наиболее часто используемые протоколы связи в интеллектуальном производстве. Наиболее широко используются протокол унифицированной архитектуры коммуникаций открытой платформы и облачный подход.

Протокол OPC UA хорошо известен в промышленном мире как один из стандартов, на которых основывается Индустрия 4.0. Облачный подход к коммуникации - это не протокол. Тем не менее, это считается актуальным для анализа современного состояния, поскольку многие статьи касаются DT, разработанного в облачной среде, поэтому часто упоминается проблема, связанная с их взаимодействием.

TCP / IP (протокол управления передачей и Интернет-протокол) - это набор протоколов связи, широко используемых сегодня в Интернете и подобных компьютерных сетях. Исследователи в рамках данной темы, описывая тот или иной процесс, часто упоминают, что DT были подключены через Интернет или источники данных были доступны через определенную сеть. Например, часто приводится такой протокол, как Modbus / TCP. Это наиболее часто используемый протокол для связи с программируемыми логическими контроллерами (ПЛК) [4].

Основными целями, предложенными в проанализированных исследованиях архитектур и платформ на основе DT, являются: управление, мониторинг, управление ошибками и виртуальная реальность. Цели управления, использующие DT, в основном связаны с оперативным управлением производственной системой путем принятия решений и изменений в режиме реального времени. С другой стороны, мониторинг касается отслеживания и оценки KPI (ключевых показателей эффективности) производственной системы или мониторинга состояния физических активов (например, состояний работоспособности, состояний машин и т. д.).

Программный аспект, представленный в соответствующей литературе, касается конкретного программного инструмента, используемого или

предлагаемого для разработки архитектуры, предлагаемой в каждой статье. Этот анализ, по сути, помогает понять характеристики каждого программного обеспечения. Действительно, цель архитектуры глубоко влияет на выбор программного обеспечения, поскольку, как явствует из обзора литературы, некоторые программные инструменты склонны решать только некоторые конкретные задачи, а другие являются более универсальными, поэтому более гибкими, но менее ориентированными на конкретные задачи.

Обзор современного состояния проблемы показывает, что по-прежнему необходимы некоторые ключевые разработки, чтобы покрыть четыре выявленных научных и технических пробела и улучшить управление операциями киберфизических производственных процессов. Из этого анализа следует, что парадигма Индустрии 4.0 и, в частности, потенциал DT могут быть лучше использованы, когда доступна четко определенная структура для нескольких DT, объединенных в единую архитектуру. Это не проявляется в архитектурах, проанализированных до сих пор, что приводит к явному недостатку в объединении нескольких DT в уникальную архитектуру для представления и улучшения интеллектуальных производственных систем. Это существенный пробел, поскольку ICPS, оснащенные DT, зарекомендовали себя как альтернативный подход для более быстрого и эффективного выполнения задач оптимизации и мониторинга [3].

Основные недостатки современного состояния рассмотрения исследуемой проблемы резюмируются следующим образом.

1. Четко определенная структура, которая объединяет и связывает множество DT, недоступна, и это наиболее очевидный пробел. DT для моделирования различных отдельных физических активов на локальном уровне, связанных в единую архитектуру, которая также имеет представление всей производственной системы на глобальном уровне, отсутствуют. Кроме того, существует потребность в методе описания системы разнородных физических активов в однодоменном сценарии, а не каждого отдельного актива в многодоменном сценарии.

2. Предлагаемые методы агрегирования DT нацелены только на уже сгенерированные DT. Это приводит к скудности исследований, связанных со сценариями «зеленого поля», когда возникает необходимость описать всю систему с нуля.

3. Практическое применение (в лабораторных или промышленных условиях) невелико, и очень немногие модели должным образом и строго учитывают интеллектуальные производственные системы. Помимо теоретических исследований, сообщаются только отдельные задачи, выполняемые DT, вместо разнородных задач, таких как принятие решений, разрешение проблем, оптимизация, оценка состояния здоровья, оценка производительности и т. Д. не оправдывает ожиданий парадигмы Индустрии 4.0 в отношении роли DT.

4. Текущие заявленные приложения DT в современных архитектурах плохо используют данные, полученные от их физических аналогов. В опубликованных исследованиях предлагаются решения, ограниченные сбором и визуализацией данных, т. е. структурированный и более детальный анализ данных и принятие решений не имеют убедительной поддержки на основе данных в реальном времени. При этом не используется виртуальное представление, постоянно обновляемое последней доступной информацией от физического аналога, что является улучшением понимания и управления физическими активами, обещанными в парадигме Индустрии 4.0 [4].

Таким образом, несмотря на актуальность рассматриваемой проблемы, ее решение в настоящий момент сталкивается с рядом ограничений, решение которых может прямо повлиять на повышение эффективности автоматизации современных промышленных компаний.

Список литературы

1. 1.Пономарев К.С., Феофанов А.Н., Гришина Т.Г. Цифровой двойник производства - средство цифровизации деятельности организации //

Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2019. №2 (4).

2. Царев М. В., Андреев Ю. С. Цифровые двойники в промышленности: история развития классификация, технологии, сценарии использования // Приборостроение. 2021. №7.
3. Y. Fang, C. Peng, P. Lou, Z. Zhou, J. Hu, J. Yan Digital-twin-based job shop scheduling toward smart manufacturing IEEE Transactions on Industrial Informatics, 15 (12) (2019), pp. 6425-6435
4. V. Havard, B. Jeanne, M. Lacomblez, D. Baudry Digital twin and virtual reality: A co-simulation environment for design and assessment of industrial workstations Production & Manufacturing Research, 7 (1) (2019), pp. 472-489

List of literature

1. Ponomarev K.S., Feofanov A.N., Grishina T.G. Digital twin of production - a means of digitalization of the organization's activities // Automation and modeling in design and management. 2019. №2 (4).
2. Tsarev M. V., Andreev Yu. S. Digital doubles in industry: history of development classification, technologies, use scenarios // Instrument engineering. 2021. №7.
3. Yu. Fang, K. Peng, P. Lu, Z. Zhou, J. Huj. Yang Scheduling jobs based on digital twins for smart manufacturing IEEE Transactions on industrial Informatics, 15 (12) (2019), p. 6425-6435
4. In. Howard, B. Jeanne M. Lacomblez, D. Baudry Digital twin and virtual reality: the joint simulation environment for the design and evaluation of production and industrial research, industrial workstations, 7 (1) (2019), pp. 472-489

© Арифулин Н.А., 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №1/2022.

Для цитирования: Арифулин Н.А. Технология «цифровых двойников» и ее применение в процессе автоматизации основных процессов промышленного предприятия// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №1/2022.