Научная статья
Original article
УДК 004

КИБЕРФИЗИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ РОЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО» ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

CYBERPHYSICAL PRODUCTION SYSTEMS AND THEIR ROLE IN THE ORGANIZATION OF AN "INTELLIGENT" INDUSTRIAL ENTERPRISE

Кесова Елизавета Николаевна, Балтийский федеральный университет

Kesova Elizaveta Nikolaevna, Immanuel Kant Baltic Federal University

Аннотация: В статье рассмотрены особенности киберфизических производственных систем и определена их роль в организации «интеллектуального» промышленного предприятия. По мысли автора, применение киберфизических производственных систем в деятельности промышленных предприятий на современном этапе дает возможность оптимизировать основные операции, а также осуществлять контроль их выполнения, что повлечет за собой повышение эффективности деятельности компании в современных условиях.

Abstract: The article considers the features of cyber-physical production systems and defines their role in the organization of an "intelligent" industrial enterprise. According to the author, the use of cyber-physical production systems in the activities of industrial enterprises at the present stage makes it possible to optimize

basic operations, as well as to monitor their implementation, which will entail an increase in the efficiency of the company's activities in modern conditions.

Ключевые слова: киберфизические производственные системы, промышленное предприятие, совершенствование деятельности.

Keywords: cyberphysical production systems, industrial enterprise, improvement of activity.

В настоящее время одной из важных задач в киберфизических производственных системах является обновление динамических графиков производства посредством автоматизированного принятия решений, выполняемых во время работы производства. Состояние производственного оборудования может фактически привести к невыполнимости или неэффективности графика, требуя, таким образом, оперативности для сохранения производительности и снижения эксплуатационных затрат. Чтобы устранить текущие ограничения традиционных методов планирования, исследователями предлагается новая структура, которая использует агрегацию нескольких цифровых двойников, представляющих различные физические активы и их автономное принятие решений, вместе с глобальным цифровым двойником, для выполнения производственного планирования и его оптимизации, когда это необходимо[1].

Процесс принятия решений поддерживается нечеткой системой вывода с использованием состояния или условий различных активов и производительности всей системы. Состояние активов прогнозируется модулями мониторинга на основе состояния в локальных цифровых двойниках рабочих станций, тогда как производительность оценивается и обеспечивается глобальным цифровым двойником цеха.

В настоящее время новый толчок к интеллектуальному производству и киберфизическим производственным системам дает автоматическое и динамическое обновление производства с помощью инструментов принятия решений во время выполнения ряда производственных процессов. Это

открытая проблема, и в прошлом предлагались различные подходы для автоматизированного принятия решений в этой области, среди которых распределенные и агентские архитектуры являются популярным исследовательским направлением. В настоящее время оцифровка и технологии, обеспечивающие Индустрию 4.0, могут предложить новые возможности в этой сфере [3].

На самом деле перепрограммирование необходимо для обновления производственного графика, когда изменение состояния производственной системы делает текущий график невыполнимым или неэффективным. Следовательно, обновления перепланирования выполняются в ответ на определенные показатели производительности, например, после некоторых действий по профилактическому обслуживанию, ведущих к прогнозированию оставшегося срока полезного использования до отказа [2].

В целом, возможность динамического планирования направлена на повышение производительности и снижение эксплуатационных расходов производственной системы.

Существует множество стратегий для перепланирования производства, особенно если учесть новую тенденцию к Индустрии 4.0 (I4.0), которая привносит информационные и коммуникационные технологии (ИКТ) в производственные системы. Промышленный Интернет вещей (IIoT) и промышленные киберфизические системы (ICPS) позволили достичь довольно высокого уровня интеллектуального производства.

ICPS приобрели особую актуальность в качестве основных средств объединения виртуального и физического миров благодаря своим вычислительным и коммуникационным возможностям. Важной технологией на основе ICPS, которая способствует процессу цифровой трансформации, является цифровой двойник (DT). Чтобы получить идеальную эмуляцию и зеркальное отображение условий работы соответствующих реальных систем,

DT использует лучшие доступные представления, физические и виртуальные модели, чтобы поддерживать расширенное принятие решений [3].

Единственного определения DT не существует. DT можно рассматривать как одну или несколько имитационных моделей реальной системы, которые всегда связаны с физическим аналогом (или отключаются только временно по определенным причинам). Это соединение позволяет собирать данные в реальном времени с поля, выполнять моделирование (например, анализ сценариев или другие типы анализа) и отправлять обратную связь в физический мир, чтобы изменить поведение реального объекта или компонента. Очень часто DT подключается к интеллектуальному уровню, который содержит правила, алгоритмы оптимизации и функции принятия решений, чтобы принимать решения о том, как действовать в реальной системе.

Что касается управления производственными операциями, то киберфизические системы (CPS) ведут к эволюции в сторону умных заводов будущего, где децентрализация и автономия являются двумя важными характеристиками. Некоторые совместные CPS, в частности киберфизические производственные системы (CPPS), ведут себя как развивающиеся сущности с высокой степенью автономности, чтобы обеспечить адаптивную реакцию на нарушения, при этом сообщая и координируя свои действия путем обмена информацией для достижения общих целей организации. Ключевое изменение вызвано разработкой продвинутых и распределенных фреймворков на основе DT на основе инженерных методов, ориентированных на стратегии мониторинга на основе состояния (CM) [4].

Эффективные и надежные процедуры принятия решений действительно являются узким местом на уровне машины или оборудования с двумя основными потребностями:

1) требуется высокая точность выполнения процесса;

2) необходимо высокоточное зеркальное отображение и эффективная связь между физическим и виртуальным пространствами [4].

Особое значение придается имитации социально-когнитивных навыков человека в производственном цикле. Более того, DT берут на себя ведущую роль для основанных на DT структур планирования как на глобальном уровне для управления производственным процессом на заводе, так и на локальном уровне для создания симуляций для решения СМ производственного оборудования.

В настоящее время доступность данных от промышленного оборудования и вычислительных мощностей открывает возможность проектирования и разработки новой структуры для выполнения задач планирования производства. Это можно сделать, используя новый тип агрегирования нескольких DT, представляющих различные физические активы. Таким образом, основная мотивация настоящей работы состоит в том, чтобы лучше использовать DT, данные, собранные с физических активов, и принятие решений для улучшения процесса планирования, оптимизации и повышения производительности производственных систем. Это приводит к рассмотрению новых методов планирования на основе DT для уменьшения отклонений от расписания путем обновления параметров ресурсов из стратегий интерактивного программирования [4].

Кроме того, модель DT расширяет возможности цифрового моделирования того, как производственная линия будет работать в реальном мире, способствуя принятию решений, когда требуется перепланирование производственной системы на основе современных структур. DT для поддержки динамического и автоматизированного принятия решений также исключают человеческие ошибки при сборе данных и могут быстрее реагировать на изменения в производственной системе благодаря постоянному обновлению полевых данных. Кроме того, DT могут децентрализовать действия по принятию решений, и новые модификации легче вводить в систему.

В литературе есть множество новых методов перехода к средам планирования на основе DT, которые используют стратегии CM. С одной стороны, использование архитектур, бесшовно интегрирующих планирование производства и CBM (техническое обслуживание на основе условий) посредством полевой синхронизации на основе DT, предложено; это приводит к методу оптимизации расписания (основанному на генетических алгоритмах) и модулю индикатора состояния оборудования, синхронизированному с полем, которые все вместе встроены в моделирование на основе DT. Шагом вперед может быть встраивание DT в локальные контроллеры, чтобы упростить роль прогнозных моделей для CBM, а также обеспечить эффективное локальное принятие решений для обнаружения неисправностей и оказания помощи операторам. Следовательно, реализация распределенных структур со встроенными DT в локальных узлах при принятии решений на основе методов адаптивных пороговых значений и локального моделирования является многообещающей стратегией, которую можно использовать для улучшения управления производственными операциями и выполнения более эффективных задач планирования [4].

С другой стороны, использование распределенных архитектур в интеллектуальном производстве способствует повышению эффективности и надежности. В частности, стоит отметить, что масштабируемость обеспечивает устойчивость к сбоям, облегчая действия по реконфигурации, не влияя на производство. Одна из стратегий заключается в разработке распределенных структур на основе DT, которые, помимо устойчивости к сбоям, обогащают знания о производственном процессе благодаря добавленной стоимости, создаваемой симуляциями, близкими к локальному процессу, и генерацией полезных данных. Эта информация позволяет предпринимать более эффективные действия как глобально (на уровне завода), так и локально (на уровне рабочих станций или отдельных единиц

оборудования), в конечном итоге улучшая планирование и задачи оптимизации [4].

Возможности DT можно лучше использовать в распределенных фреймворках. В настоящее время есть важные пробелы и недостатки. Отсутствие четко определенных структур, сочетающих DT, ограничение методов агрегирования DT, ограниченное количество практических приложений и плохое использование данных, собранных от физических аналогов, являются некоторыми очевидными недостатками. В целом, текущие ограничения DT могут быть преодолены путем разработки распределенной инфраструктуры, в которой различные виртуально-физические встроенные узлы на локальном и глобальном уровнях взаимодействуют для достижения общих целей [3].

Таким образом, применение киберфизических производственных систем в деятельности промышленных предприятий на современном этапе дает возможность оптимизировать основные операции, а также осуществлять контроль их выполнения, что повлечет за собой повышение эффективности деятельности компании в современных условиях.

Список литературы

1. Клокотов И.Ю. Анализ современных автоматизированных систем управления на промышленных предприятиях и в производстве // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2020. №1.
2. Пудовкина О.Е. Теоретический взгляд на цифровизацию промышленности // E-Scio. 2019. №11 (38).
3. R. Beregi, Á. Szaller, B. Kádár Synergy of multi-modelling for process control IFAC-PapersOnLine, 51 (11) (2018), pp. 1023-1028
4. O. Cardin, P. Castagna, D. Couedel, C. Plot, J. Launay, N. Allanic, *et al.* Energy-aware resources in digital twin: The case of injection moulding machines Studies in Computational Intelligence, 853 (2020), pp. 183-194

List of literature

1. Klokotov I.Y. Analysis of modern automated control systems at industrial enterprises and in production // International Journal of Applied Sciences and Technologies "Integral". 2020. No.1.
2. Pudovkina O.E. Theoretical view on digitalization of industry // EScio. 2019. №11 (38).
3. R. Beregi, A. Sailer, B. Kadar Synergy of multiple modeling for process control IFAC-Paperonline, 51 (11) (2018), pp. 1023-1028
4. O. Cardin, P. Castagna, D. Kudel, K. Plot, J. Lunoy, N. Allanik, etc. Energy-efficient resources in a digital double: an example of research on injection molding machines in the field of computational intelligence, 853 (2020), pp. 183-194

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

Для цитирования: Кесова Е.Н. Киберфизические производственные системы и их роль организации «интеллектуального» промышленного предприятия// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №1/2022.