

Интеллектуализация технологических процессов посредством создания умных производств

Л. П. Козлова

Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
tigrenok59@mail.ru

О. А. Козлова

Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
k_olga_a@mail.ru

Аннотация. Современное производство предполагает максимальную автоматизацию. Именно поэтому, в последнее время, стал актуальным вопрос интеллектуальных систем и умного производства. В статье рассматриваются перспективы развития и сложности данного направления.

Ключевые слова: автоматизация; интеллектуальные системы; передача данных; умные устройства

I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

На сегодняшний день уже существует множество научных статей, рассматривающих разные аспекты появления умного производства.

Так в статье «К вопросу о понятии «умного предприятия», выпущенную в журнале «Вопросы управления» №4(65) 2020 года выпуска, авторы Л.М. Капустина и Ю.Н. Кондратенко на основе анализа уже существующих предприятий выделяют критерии, которые с их точки зрения, отличает умные производства от обычных.

С другой стороны, Д.М. Зозуля в своей статье «Цифровизация российской экономики и Индустрия 4.0* вызов и перспективы», выпущенной в журнале «Вопросы инновационной экономики» том 8 номер 1 от 2018 года, рассматривает процессы, требующие изменения на предприятиях и преимущества, которые эти трансформации принесут.

Sameer Mittal, Muztoba Ahmad Khan, David Romero и Thorsten Wuest в статье «Smart Manufacturing: Characteristics, Technologies and Enabling Factors» рассматривают основные компоненты, входящие в состав умных домов.

II. БАЗИС УМНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

A. Жизненный цикл производства

Понятие умного производства не имеет строго определения, однако представляет собой множество формализаций, объединенных одной целью – полной автоматизацией технологического процесса.

В свою очередь технологический процесс использует понятие жизненного цикла, на протяжении которого формируется совокупность взаимосвязанных действий.

Фактически, в основу ложится стандартная последовательность. Вначале происходит разработка, для чего, в свою очередь подбирается методология, которая, впоследствии, превращается в концепцию, и, наконец, в окончательный результат. Далее идет непосредственная эксплуатация, во время которой ведется анализ результатов производства. В случае, если

эти результаты отклоняются от стандарта, но доступны для изменений, то происходит модернизация, и система продолжает свою жизнь. Если же результаты неутешительны, то проводится процедура утилизации системы.

Данная концепция представлена на рис. 1.



Рис. 1. Цикл жизни технологического процесса

Понятно, что при разработке предполагается долгая эксплуатация и максимальная эффективность процесса, за которую отвечают различные критерии.

Одним из важнейших критериев, отвечающих за современное производство, является степень автоматизации и интеллектуализации.

B. Автоматизация технологического процесса

На сегодняшний день использование роботизированных производств уже не является нововведением, а скорее представляет собой обязательную составляющую, отвечающую за эффективность. Вопрос ставится только в уровне сложности автоматизации.

На верхней стадии создается умное производство, которое максимально автономно от человеческой деятельности. Фактически для него можно выделить три основных составляющих:

- аппаратная часть, за которую отвечают датчики, исполнительные механизмы, различные устройства;
- программный комплекс, который является мозгом системы;
- каналы связи, без которых устройства не смогут взаимодействовать между собой.

III. ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СРЕДСТВ

В первую очередь за умные производства отвечают роботизированные комплексы, которые на сегодняшний день в состоянии практически полностью заменить действия человека. Более того, если раньше круг задач таких устройств, сводился только к нескольким механическим действиям, таким как захват изделий, поворот на заданные углы, перемещение по определенной траектории, то теперь они в состоянии самостоятельно принимать решения и выбирать реакции на внешние воздействия.

Таким образом, те системы, которые входят в понятие умных устройств в состоянии строить траектории, согласовываясь с изменяющимися условиями окружающей среды. Другим примером может служить изменение последовательности действий или распознавания объектов по их характеристикам.

К тому же, одним из важнейших отличий умных производств от просто роботизированных, является способность обмена информацией с целью выполнения общей задачи.

Для выполнения действий не по фиксированному алгоритму необходима система принцип работы, который аналогичен человеческим реакциям. Соответственно, устройствам необходимо внедрить аналог биологических органов, отвечающих за зрение, вкус, нюх, тактильное восприятие. На этом этапе возникает необходимость создания алгоритма распознавания образов.

A. Задача распознавания образов

Можно выделить несколько подходов к реализации данного класса задач: классические алгоритмы, алгоритмы, основанные на применении нечеткой логики, построение нейронных систем, др. К тому же в одной системе может быть комбинация разных подходов.

При обобщении задача сводится к ряду простых действий:

- первичный анализ работы технологического процесса с целью выявления локальных и глобальных задач и выявление их основных характеристик, на основе которых будет принято решение о выборе методологии;
- получение информации со считывающих устройств и информационных систем, которая пойдет на вход работы системы;
- исходя из предыдущих пунктов, построение оптимальной стратегии работы системы;
- реализация сформированной концепции;
- получение результатов;
- анализ с целью выявления качества и принятия решений о дальнейшей работе системы.

Более детально алгоритм выглядит следующим образом:

- получение множества первичной информации M с целью подачи ее на вход работы алгоритма;

- проведение анализа работы системы и выявление признаков классификации x_i , где $i = 1, \dots, N$, где N определяет общее количество различий;
- исходя из выделенных x_i необходимо определить примитивы ω .

Далее для каждого ω происходит формирование совокупности признаков

$$I(\omega) = (x_1(\omega), x_2(\omega), \dots, x_N(\omega)).$$

После этого исходя из $I(\omega)$ первичная информация M разделяется на подмножества Ω_i , образуя $M = \bigcup_{i=0}^m \Omega_i$, где m – означает полное количество возможных или определенных классов;

- происходит непосредственное распознавание таким образом, что каждый элемент исходных данных сравнивается с каждым элементом базы эталонов I_0 и компонент сформированной совокупности $I(\omega)$;
- в случае нахождения совпадения совокупности $I(\omega)$ примитива ω и элемента I_0 , примитиву определяется принадлежность к данному классу, что позволяет сформировать значение предиката $P_i = (\omega \in \Omega_i)$, $i = 1, \dots, m$; после чего выполняется непосредственно расчет предиката $a_i \in \{0, (\omega \notin \Omega_i), 1(\omega \in \Omega_i), \Delta(\text{неизвестно})\}$
- выполнение расчета предиката для каждого ω : $a(\omega) = (a_1(\omega), \dots, a_m(\omega))$;
- производится сравнение полученного результата с заданными критериями качества и дается оценка работы алгоритма.

Из приведенного алгоритма видно, что важным аспектом является эталонная база. Принципы ее построения стоит рассмотреть отдельно [1].

B. База эталонов

В зависимости от выбранной методологии эталонная база предполагает разные возможности.

Большинство алгоритмов исходно имеет уже достаточный набор эталонов, для того, чтобы их работа происходила корректно. Тем не менее, когда речь идет об интеллектуальных системах, предусмотреть все возможные объекты на стартовом этапе невозможно. Отсюда появляется необходимость расширения базы.

Для достижения данной цели определяются наиболее часто повторяющиеся характерные черты, которые формируют признаки для создания новых эталонов.

Таким образом, система получает возможность самообучения и становится способна самостоятельно увеличивать эталонную базу в процессе работы технологического процесса.

Для формирования такой способности необходимо выделить ряд свойств:

- работа системы не является фиксированной величиной, т.е. сама база имеет возможность увеличиваться на величину намного превышающую ее стартовые возможности;

- возможность редактирования имеющихся эталонов;
- внутри системы заложен алгоритм, который определяет признаки необходимости изменения уже имеющегося эталона, что впоследствии, позволяет внести коррекцию.

Нельзя забывать о сложностях, вносящих проблему в формирование эталонной базы:

- при выделении признаков классификации некоторые из них могут быть близкими по своим значениям, но, тем не менее, в ряде случаев, иметь различия, принципиальные для работы системы в целом;
- исходный анализ эталонов может иметь ошибочные значения, либо неточности;
- отсутствие возможности исходного анализа, соответственно, высокий уровень априорной неопределенности при формировании базы эталонов;
- изменение свойств эталона ввиду реформирования технологического процесса;
- невозможность получения абсолютно достоверных характеристик, подтверждающих свойства эталона.

С другой стороны, ни одна умная система не в состоянии работать без интеграции сторонних информационных систем, соответственно, необходима возможность присоединения. Отсюда возникает задача подтверждения действительности объектов, попадающих из сторонней базы.

Первый принцип, который дает возможность переопределения объектов из сторонней базы – доверие к истинности новых объектов.

Однако, рассматривая его глобально, можно выявить противоречие текущей базы и заимствованной, а, значит, имеет место вероятностный принцип. Что, в свою очередь, приводит к необходимости доверия заимствованного эталона. Классическим примером тут может служить преобразование даты: в ряде стран сначала идет число, потом месяц; в других распространено использования порядка: сначала месяц и только потом число. Если, в данной ситуации идет преемственность, появляется необходимость обработки исходных данных.

Для того, чтобы подтвердить данный принцип, он должен быть транзитивным. Именно это свойство выделяет несколько факторов о подтверждении и разделяется на несколько принципов:

- новая база использует вероятностную характеристику;
- использование абсолютного доверия баз.

К техническим областям, частью которых являются такие задачи, можно отнести:

- безопасность систем;
- системы принятия решений;
- теория игр, т. п.

Если же ситуация позволяет миновать стороннюю интеграцию, и, вместо этого использовать имеющиеся данные, то необходимо обратить внимание на выделенные характеристики исходных выборок, а, затем, на основе сформированных критериев, принимать решение об их истинности. В такой ситуации для достоверности эталона важна известность его характеристик, а не вероятностные критерии.

С. Сегментация

Одним из важнейших этапов при распознавании образов является алгоритм сегментации. Именно он разделяет общий массив исходных данных на отдельные элементы. При этом необходимо выделить несколько основных правил:

- каждый сегмент предполагает только один объект;
- сегменты имеют принципиальные отличия друг от друга;
- очевидность границ сегментов;
- однородность внутренней области сегментов.

При классификации алгоритмов сегментации можно выделить разные признаки:

1. Участие человека в процессе работы алгоритма:

- интерактивные – предполагают фиксацию ряда параметров человеком;
- автономные – полное отсутствие человека в процессе работы.

Для автоматизированной сегментации выделяются следующие подходы:

- разбиение исходных данных на области с заданными свойствами, при наличии априорной информации, такой как цвет, форма, т. п.;
- при отсутствии предварительной информации разбиение производится на основе однородности элементов, что делает этот способ универсальным, но может наложить дополнительные ограничения для системы в целом.

2. Подход Фу разделяет сегментацию на следующие виды:

- применения алгоритмов кластеризации при сегментации данных;
- первоначальное выделение границ сегментов;
- алгоритмы, предполагающие извлечение областей объектов.

3. Скарбек и Кошан выделяют следующие возможности классификации сегментации:

- алгоритмы, предполагающие анализ свойств элементов данных;
- алгоритмы, исследующие свойства областей;
- исследование краев областей, по аналогии с классификацией Фу;
- алгоритмы, предполагающие выделение априорной информации о физическом

происхождении объектов, подвергающихся сегментации.

4. Обобщенный подход к классификации методов сегментации:

- выделение свойств, которые не носят вероятностного характера и позволяют однозначно разделить исходные данные;
- последовательная или параллельная обработка исходных данных;
- выделение критерия, который будет характеризовать сегментацию.

Выделение класса, к которому будет относиться алгоритм сегментации, позволяет обойти ряд проблем, связанных с самим процессом. Примером тут могут служить алгоритмы, ставшие частью систем технического зрения: первые из них не могли работать с цветными изображениями.

Другим важным аспектом, на который необходимо обратить внимание при выборе алгоритма сегментации является выбор критериев оценки качества, которые могут отличаться для разных типов алгоритмов. К универсальному способу тут можно отнести выделение нескольких признаков, несущих принципиальное значение для исходных данных, с последующим сравнением полученного разделения на соответствие им.

При всем объеме классификаций алгоритмов сегментации необходимо понимать, что независимо от выбора конкретного метода для конкретной системы он является только этапом работы всей системы в целом, а, значит, и полноценное оценивание качества работы происходит в совокупности со всеми процессами.

Выбор алгоритма сегментации вытекает из конкретной задачи и не имеет универсального принципа [2].

IV. ОСОБЕННОСТИ УМНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Умное производство является системой, зависящей от программно-аппаратного комплекса и качества связи, обеспечивающей передачу данных между устройствами. Соответственно, внедрение таких систем в реальное производство может быть затруднено рядом показателей, таких как отсутствие достаточного финансирования, отсутствие современных каналов передачи данных, т.д. Однако нельзя не отметить ряд ситуаций, когда внедрение такого рода автоматизации желательно.

В первую очередь данная необходимость возникает при недостаточной производительности технологического процесса.

Действительно, большинство технологических процессов ведутся в режиме реального времени, а, значит, для успешного их выполнения важны не только критерии качества, но и время, за которое происходит полное завершение всего алгоритма действий. Умное производство может повысить эффективность процесса, перенастраивая его в зависимости от изменившихся условий, но попадая во временной регламент.

Выделим основные аспекты, которыми должны обладать умные производства:

1. Для внедрения интеллектуальных систем необходим высококвалифицированный персонал,

который будет контролировать технологический процесс.

2. Аппаратная часть системы обладает характеристиками, способными поддерживать и исполнять все возложенные на нее задачи.

3. Каждое из устройств, входящих в систему способно к самодиагностике и перенастройке при возникших проблемах.

4. Все элементы системы имеют доступ к необходимой им информации.

5. Система в состоянии диагностировать изменение окружающей среды и подбирать реакции на новые внешние воздействия [3].

Для полноценного функционирования умного производства также выделяется необходимость передачи данных. Действительно, невозможно представить полноценную работу без самостоятельного обмена информацией между устройствами.

Для выполнения этой задачи используются как различные проводные виды передачи данных, так и все возможные виды беспроводных сетей.

Выделим сначала технологии персональных беспроводных систем, которые предполагают передачу данных на небольшие расстояния:

1. IrDA – передает данные в инфракрасном диапазоне на небольшие расстояния. Важным нюансом тут служит условие свободного пространства и отсутствия препятствий на пути сигнала.

2. Bluetooth предполагает передачу данных в диапазоне 2,4–2,48 ГГц. Сигнал предполагает использование метода, который скачкообразно меняет частоту сигнала 1600 раз в секунду. Защиту данных при передаче таким методом обеспечивает то, что только приемник и передатчик знают последовательность переключения между частотами. Это же качество позволяет передавать данные нескольким парам.

3. ZigBee – предполагает беспроводную передачу данных на короткие расстояния. Регламентируется стандартом IEEE 802.15.4.

При увеличении дальности, на которой вышеперечисленные стандарты просто не в состоянии передавать данные, появляется необходимость использовать беспроводные локальные сети. Выделим несколько часто встречающихся стандартов этого сектора:

1. IEEE 802.11 (Wi-Fi) – набор стандартов третьего поколения сотовой связи, использующий частотный диапазон 0,8; 2,4; 3,6; 5 и 60 ГГц.

2. LTE – в основу работы данного принципа положена передача данных между мобильными и базовыми станциями. Сеть в данном случае делится на узлы опорной станции и узлы радиодоступа. Стандарт использует частотный и временной дуплекс, что обеспечивает двунаправленную передачу данных между базовыми и мобильными станциями.

Данный стандарт использует OFDMA в нисходящем канале, а в восходящем – CS-FDMA. Делается это для обеспечения множественного доступа.

Если сравнивать со стандартом IEEE 802.11, использующим в совокупности модульных ортогональных несущих технологии OFDM до 256, OFDMA использует до 2048.

Если рассматривать преимущества данной технологии, то можно выделить уменьшение взаимных помех, возникающих у устройств, имеющих всенаправленные антенны. Другим преимуществом является увеличение мощности передатчика.

Другим способом увеличения скорости передачи данных, заложенном в стандарт LTE изначально, было использование технологии MIMO (*Multiple input – multiple output*). Принцип включает в себя использование разных антенн, которые, с одной стороны повышают надежность передачи данных, а с другой стороны передают разные потоки данных.

4. LTE-A (LTE-Advanced) – является развитием стандарта LTE. Он предполагает увеличение скорости благодаря совмещению несущих, что расширяет полосу пропускания. Причем возможно объединение несущих и в разных частотных диапазонах, и в непрерывном частотном диапазоне. Правилom здесь выступает то, что количество объединенных несущих в восходящем диапазоне должно быть меньше количества объединенных несущих в нисходящем диапазоне.

Для больших расстояний умные производства могут использовать и ряд других стандартов. К ним можно отнести спутниковые технологии, стандарт WiMAX, для которого необходимы приемник и базовая станция, которые соединяются между собой в низкочастотном диапазоне.

Существует и множество других стандартов, каждый из которых может быть востребован при создании интеллектуальных систем, создающих умные производства.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Очевидно, что создание умных производств, фактически, является уже настоящим промышленностью.

Конечно, нельзя обойти вниманием множество проблем, связанных:

- с аппаратными характеристиками и сложностями их взаимодействия;
- несовершенством алгоритмов, создающих интеллектуальное обеспечение работы системы;
- сложности с передачей данных, основной из которых является отсутствие стандарта, обеспечивающего бесперебойную коммутацию устройств.

Все вышеперечисленное, несомненно, препятствует созданию системы, которую можно назвать эталоном, однако, несмотря ни на что, существующие реализации уже показывают отличные результаты и данное направление будет только развиваться.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Козлова О.А., Козлова Л.П. Роботы тоже могут видеть // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010, вып. 10. С.47–52.
- [2] Поршнев С.В., Левашкина А.О. Универсальная классификация алгоритмов сегментации изображений [Электронный ресурс] // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. 2008. № 3. С. 23 URL: <http://jurnal.org/articles/2008/inf23.html> (дата обращения 06.02.2021).
- [3] Kozlova Lyudmila P., Belov Aleksandr M., Kozlova Olga A. The Use of Neural Networks for Planning the Behavior of Complex Systems // Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus) January 29- February 1, 2018 Saint Petersburg, Russia C. 902-904 DOI: 10.1109/EIConRus.2018.8317234