

Пищухин А.М., Ахмедьянова Г.Ф.
Оренбургский государственный университет
E-mail: fit@unpk.osu.ru, ahmedyanova@bk.ru,

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЗАЦИЯ – ДВА АСПЕКТА ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Статья посвящена развитию теории автоматизации на современном этапе, главным средством при реализации которой является компьютер.

Автоматизация рассмотрена как двухэтапный процесс: технологизация и непосредственная автоматизация, в котором решаются задачи разработки технологии, математического и системного обеспечения процесса управления, обоснования целесообразности и выбора технических средств. Эта формулировка основ автоматизации, требует при системном проектировании рассмотреть вопрос о свойствах множеств управляющих, возмущающих воздействий и управляемых величин. Технологизация, которая предложена вместо устаревшего понятия механизации, рассмотрена как прямой оператор $f [Y, F, U]$. Тогда решение задачи управления, дающей основу для проектирования системы автоматизации, сводится к поиску обратного оператора.

Свойства множеств, участвующих в системе автоматизации, а также свойства отображения, а точнее - оператора, с помощью которого оно осуществляется, составляют ортогональную систему координат, выделяющую на плоскости различные классы систем автоматизации. Усложнение систем и соответственно средств автоматизации происходит в направлении от левого верхнего угла в правый нижний. Если вверху слева находятся системы, которые могут быть полностью автоматическими, то справа внизу – интеллектуальные системы, существенно предполагающие наличие человека и технических средств интеллектуальной поддержки.

Далее обсуждены вопросы обоснования целесообразности автоматизации, выбора средств для ее реализации не только аппаратных, но и программных, позволяющих осуществлять автоматизацию на самых высоких уровнях иерархии.

В заключении затронут вопрос о соотношении человеческого и технического при автоматизации производства. Показано, что существует предел автоматизации, перейдя который она превратится в свою противоположность и станет вместо помощника угрозой человечеству.

Ключевые слова: автоматизация, механизация, системный подход, взаимосвязь множеств, проектирование систем автоматизации, технологизация.

Автоматизация, начавшись с простейших автоматов, вызывавших удивление, а порой даже страх, захватила постепенно обширные сферы человеческой деятельности. Она проникла даже в такие области, которые еще недавно считались недоступными для нее – интеллектуальная деятельность (игра в шахматы, сочинение музыки, искусственный интеллект). Проникая в другие специальности, автоматизация использует методы и средства, специфичные именно для них и, таким образом, размывает границы. Однако это размывание грозит раздробить саму автоматизацию по отдельным специальностям и тем самым уничтожить ее как единое целое. Поэтому задачей специалистов по автоматизации является выявление наиболее общих методов и средств автоматизации для развития ее как науки [1].

Механизацию технологического процесса можно рассматривать как первый этап автоматизации. В соответствии со стандартом [2] этот термин означает: «применение энергии неживой природы в технологическом процессе или его составных частях, полностью управляемых людьми, осуществляемое в целях сокращения

трудовых затрат, улучшения условий производства, повышения объема выпуска и качества продукции».

Соответственно стандарт определяет автоматизацию как: «применение энергии неживой природы в технологическом процессе или его составных частях для их выполнения и управления ими без непосредственного участия людей, осуществляемое в целях сокращения трудовых затрат, улучшения условий производства, повышения объема выпуска и качества продукции».

Пояснение этих определений приведено в теории управления [3], где технологический процесс предлагается рассматривать как совокупность двух видов операций. Первый вид операций направлен на преобразование объекта технологического процесса: сырья, материала, заготовок, энергии, информации. Эти операции названы технологическими и замена человека в этих операциях названа механизацией. Другой вид операций связан с координацией, поддержанием значений технологических параметров, дозированием, синхронизацией. Это – операции управления, и замена человека в них называется автоматизацией.

Однако при таком подходе термин механизация является устаревшим, поскольку не все операции напрямую связаны с механикой. Например, передачу операций обработки информации компьютеру трудно называть механизацией. С другой стороны, задача этапа механизации связана с проектированием технологии, уходом от «ручного» производства, поэтому, на наш взгляд, здесь необходимо применить термин технологизация.

Технологизация и автоматизация – процессы многоаспектные. К тому же современный уровень развития техники характеризуется все большим ее усложнением. Отдельные автоматы агрегируются в автоматические линии, линии соединяются в гибкие производственные участки, которые объединяются единой системой управления и транспортной системой в цехи. Имеются уже целые заводы-автоматы. Такие системы характеризуются параллельно или последовательно работающими структурами порождают метасистему [4].

С другой стороны, решаются все более сложные технические задачи: полеты в космическое пространство, освоение мирового океана, создание ядерных электростанций и так далее. Эти задачи из-за большой сложности необходимо предварительно разбить на подзадачи, для которых необходимо найти методы решения, для методов необходимо разработать программы и так далее. Следовательно, здесь мы имеем выход на метасистемную иерархию управленческих задач, решение многих из которых уже сегодня можно поручить компьютеру. Системность – это неотъемлемое свойство человеческого мышления, позволяющее более полно, глубоко и всесторонне рассматривать возникающие проблемы. Системный подход к процессу управления нужен не только разработчикам математических моделей реальных объектов, но он должен стать важным инструментом инженеров – проектировщиков сложных систем [5].

Следуя [6], систему управления можно описать в самом общем виде как отношение на множествах состояний объекта Y (показателей качества готового продукта [7]), управляющих U и возмущающих F воздействий, показанных на рисунке 1:

$$S \subseteq U * F * Y.$$

Если множество S пусто, то цель управления недостижима (этап технологизации не пройден), и необходимо искать другое множество управляющих воздействий U . Если S непусто, то существует отображение f (оператор), переводящее совокупность элементов из множеств Y, F и U , решающее технологическую задачу.

$$f: U * F \rightarrow Y \wedge g$$

В формальной постановке задача управления состоит в нахождении обратного отображения f^{-1} множеств состояний («выходов») объекта управления Y и возмущающих воздействий F на множество управляющих воздействий U [8]:

$$f^{-1}(-1): Y \wedge g * F \rightarrow U$$

Показатель g означает целевое множество значений.

Если под Y понимается целевое поведение объекта, то основная задача управления сводится к обеспечению взаимосвязи цели управления и координированного синхронизированного дозированного расхода ресурсов управляющих воздействий, в связи с чем теория управления становится частью кибернетики и системологии, как наук о взаимосвязях.

Эта формулировка основной технической задачи управления, требует при проектировании систем автоматизации рассмотреть вопрос о свойствах множеств Y, F, U и свойствах самого отображения f .

Свойства множеств, участвующих в синтезе системы автоматизации, а также свойства отображения, а точнее – оператора, с помощью

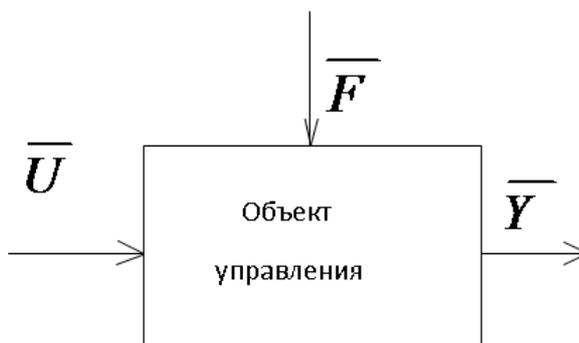


Рисунок 1. Взаимосвязь множеств

которого оно осуществляется, составляют ортогональную систему координат, выделяющую на плоскости различные классы систем.

Первым фундаментальным различием, по которому можно выделять классы систем автоматизации, является наличие или отсутствие у переменных Y, F, U математических свойств. Такие, например, переменные как семейное положение (одинок, женат, разведен, вдовец), политическая принадлежность (демократ, республиканец, независимый), группа крови (A, B, O, AB) или пол (мужской, женский) задаются на элементах общественной группы и демонстрируют отсутствие математических свойств.

Другим свойством рассматриваемых множеств, которое может быть признаком для классификации, является наличие или отсутствие упорядоченности. Причем следует различать частичную упорядоченность, то есть бинарное отношение на множестве состояний, являющееся рефлексивным, антисимметричным и транзитивным, и линейную упорядоченность, которая сильнее частичной, так как обладает свойством связности (то есть любая пара элементов множества так или иначе упорядочена). Примерами переменных с частично упорядоченным множеством состояний является служебное положение или образование человека. Примерами переменных с линейно упорядоченными множествами состояний являются шкала твердости, высота как характеристика звука или экзаменационные оценки студентов. Прекрасным примером линейной упорядоченности параметрического множества является время. Хотя в большинстве случаев такое упорядочение линейно, имеют смысл и частично упорядоченные временные множества, например при исследовании отдельных пространственно-разделенных процессов (таких как распределенные вычислительные машины, которые обмениваются друг с другом информацией и для которых задержка при передаче сообщения сравнима с изменением состояния переменных из отдельных процессов).

Кроме частичных или линейных упорядочений, существуют и другие математические свойства, играющие роль классифицирующих признаков. Одним из наиболее существенных является расстояние между парой элементов множеств. Примерами переменных с выраженными и существенными метрическими

расстояниями являются почти все физические переменные, например, длина, масса, давление, электрическая проводимость, напряжение, сила звука. Однако, и помимо физических есть множество других переменных, например, количество денег, объемы производства, число дефектов, число несчастных случаев и так далее. Совершенно очевидно, что и пространство и время – это параметры, к которым вполне естественно применимо понятие метрического расстояния. Однако редко удается определить расстояние на группах. Одним из таких примеров является группа студентов, линейно упорядоченная по показателям их успеваемости. При этом расстояние для каждой пары студентов определяется как абсолютное значение разницы между их позициями в упорядоченном списке.

Другим классифицирующим свойством является непрерывность. Необходимым условием непрерывности множества является его упорядоченность. Наилучшим примером непрерывного частичного упорядочения является отношение «меньше или равно», определенное на множестве действительных чисел или на его декартовых произведениях. Фактически само понятие непрерывной переменной (или непрерывного параметра) опирается на требование, чтобы соответствующее множество состояний было изоморфно множеству действительных чисел. Из этого следует, что множество состояний любой непрерывной переменной бесконечно и несчетно. Тем самым альтернативой непрерывным переменным являются переменные, заданные на конечных множествах или, возможно, на бесконечных счетных множествах. Последние называются дискретными переменными. Непрерывные переменные представляются действительными числами, а их дискретные аналоги удобно представлять целыми числами.

Наконец, множества могут быть детерминированными, то есть однозначно определяющими значение величин; вероятностными, когда значения величин заданы лишь с некоторой вероятностью; нечеткими, когда величины описываются еще и функцией принадлежности.

Ясно также, что возможны сочетания различных свойств множеств и отображений для трех переменных U, Y, F , то есть состояние объекта может, например, описываться непрерыв-

ной детерминированной величиной, а управляющее воздействие при этом дискретно.

Отображения, в свою очередь, могут делиться на однозначные и многозначные, линейные (подчиняющиеся принципу суперпозиции) и нелинейные, а внутри этих классов отображения могут быть соответственно детерминированными, вероятностными или нечеткими.

На основании указанных признаков можно построить классификацию систем автоматизации на плоскости по свойствам множеств и свойствам отображения.

Такая классификация отражает усложнение систем и соответственно средств автоматизации в направлении от левого верхнего угла в правый нижний. Если вверху слева находятся системы, которые могут быть полностью автоматическими, то справа внизу – интеллектуальные системы, существенно предполагающие наличие человека и технических средств интеллектуальной поддержки.

Свойства множеств (для упрощения) представлены укрупненно. При дальнейшем рассмотрении систем управления в такой последовательности можно вводить в рассмотрение все более тонкие особенности по мере углубления анализа.

Таким образом, формулируются математический и системный аспекты автоматизации.

Автоматизация зачастую требует масштаба производства, поскольку чем больше объемы производства, тем она выгоднее. Она, как затратный процесс, должна быть целесообразной. Целесообразность автоматизации обосновывается тремя аргументами: экономическим, социальным и приданием новых качеств. Экономически обоснованная автоматизация повышает производительность, улучшает качество продукции, делает производство рентабельным. Социальное обоснование автоматизации напрямую не оценивается в деньгах и устраняет вредные и опасные для человека условия производства. Наконец, автоматизация целесообразна, если только она усиливает возможности человека: мускульные (скелетоны), зрительные, чувствительные, интеллектуальные, или обеспечивает новые иногда не свойственные по природе качества: летать, видеть в инфракрасном диапазоне, исследовать другие планеты без непосредственного участия человека. Не исклю-

чен, конечно, и вариант комбинированного обоснования целесообразности по коэффициенту удельного эффекта [9].

Непосредственное осуществление автоматизации и достижение всех ее потенциальных показателей осуществляется с помощью обоснованного выбора средств технического оснащения. Именно при решении этой задачи обеспечиваются основные показатели системы автоматизации: точность, быстродействие, производительность, малогабаритность, минимальное энергопотребление и так далее. На самом верхнем уровне выбор может быть обусловлен типом производства: массовое и крупносерийное – роторно-конвейерные, переналаживаемые и специальные автоматические линии, серийное – гибкие производственные системы и робототехнологические комплексы, мелкосерийное и единичное – гибкие производственные ячейки.

При синтезе системы автоматизации и обоснование целесообразности и выбор технических средств необходимо проводить с учетом надежности [10].

Но и самим производством надо управлять. Автоматизация достигает верхних уровней иерархии применением систем: SCADA, MES, MRP и ERP. При этом элементами становятся системы более низкого уровня и порождается метасистема. Модель такого управления рассмотрена в работе [11]. Такие системы автоматизации регламентируются более современным стандартом [12].

Поскольку система автоматизации зачастую является эргатической при автоматизации необходимо рассматривать различные аспекты включения человека в контур управления большой системой. К тому же человеку всегда принадлежит главная роль в осуществлении автоматизации и управлении любыми технологическими процессами.

С точки зрения философии производство есть некоторое единство человеческого и технического [13]. Преобладание первого или второго снижает его эффективность. Вместе с тем «золотая середина» между ними постоянно сдвигается в силу технического прогресса [14]. Однако в соответствии с диалектикой ни человеческое ни техническое ничтожимо. На сегодняшний день за человеком остается решение творческих задач, которые зача-

стую имеют эмоциональную окраску – например, дизайн автомобиля. Даже если же удастся создать искусственный интеллект, «научить» технику эмоциям, она превратится в свою противоположность, а человек станет ее придатком.

Наверное, можно научить машину любить и ненавидеть, однако, чтобы избежать создания конкуренции человечеству необходимо соблюдать три закона робототехники, сформулированные Айзеком Азимовым. Это означает, что у автоматизации есть некоторый предел, дальше которого ее развитие ограничивается. Абдеев доказывает, что спираль развития любых процессов, в том числе и автоматизации – сходящаяся [15].

Таким образом, автоматизация – двухэтапный процесс (технологизация и непосредственная автоматизация) технического оснащения производственного процесса, характеризующийся решением системной и математической задач, а также задач обоснования целесообразности и выбора средств автоматизации. Для управления производством автоматизация охватывает верхние уровни иерархии применением систем: SCADA, MES, MRP и ERP. Автоматизации имеет некоторый предел, перейдя который она превратится в свою противоположность и станет вместо помощника угрозой человечеству.

10.07.2015

Список литературы:

1. Пищухин, А.М. Автоматизация на основе мультиструктурных систем. – Оренбург: ОГУ, 2001. – 258 с.
2. ГОСТ 23004-78. Механизация и автоматизация технологических процессов в машиностроении и приборостроении. Основные термины, определения и обозначения. М.: Издательство стандартов. – 1978. – 29 с.
3. Теория автоматического управления. Ч.1 Теория линейных систем автоматического управления. – М.: Высшая школа, 1986. – 367 с.
4. Пищухин, А.М. О решении задачи порождения метасистемы. / Пищухин А.М., Сахарова Н.С., Ахмедьянова Г.Ф. // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-8. С. 1688-1691.
5. Евсюков, В.Н., Пищухин А.М. Системность процесса управления: Учебное пособие. – Оренбург: ОГУ, 2000. – 64 с.
6. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. – М.: Радио и связь, 1990. – 544 с.
7. Третьяк, Л.Н. Автоматизация управления процессом производства пива с заданными свойствами / Л.Н. Третьяк // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. – 2010. – № 10. – С. 169-178.
8. Первозванский, А.А. Курс теории автоматического управления. – М.: Наука, 1986 – 616 с.
9. Пищухин, А.М. Теоретические основы выбора средств автоматизации технологических процессов: Учебное пособие. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 111 с.
10. Pishchukhin, A.M., Pishchukhina T.A. The Control Simulation of the Enterprise on the Basis Meta-system Approach // Universal Journal of Control and Automation. – 2013. – Vol. 1(4), pp. 98 – 102. DOI: 10.13189/ujca.2013.010402.
11. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Учеб. для втузов/Н.М. Капустин, П.М. Кузнецов, А.Г. Схиртладзе и др.; под ред. Н.М. Капустина. – М.: Высш. шк. – 2-е изд., стер. – 2007. – 415 с.
12. ГОСТ Р ИСО 10303. Системы автоматизации производства и их интеграция. М.: Издательство стандартов. – 1999 г.
13. Солодкая, М.С. Взаимодействие социального и технического в управлении. Дисс. на соискание уч. степени д. фил.н. – М.: МГУ, 1999 г.
14. Aulin, A. The Cybernetic Laws of social Progress. Pergamon Press, New York, 1982.
15. Абдеев, Р.Ф. Философия информационной цивилизации. М.: Владос, 1994. – 336 с.

Сведения об авторах:

Пищухин Александр Михайлович, профессор кафедры системного анализа и управления Оренбургского государственного университета, доктор технических наук, профессор

Ахмедьянова Гульнара Фазульевна, старший преподаватель кафедры системного анализа и управления Оренбургского государственного университета, кандидат педагогических наук

460018, г. Оренбург, пр-т Победы 13, ауд. 1203а,
тел. (3532)372507