



## ВВЕДЕНИЕ

За последние 10 лет значительно расширился типовой функционал средств и систем автоматизации. Интенсивное развитие микропроцессоров в части увеличения быстродействия, разрядности, объемов разного вида памяти, наряду с непрерывным снижением их стоимости привели к технической возможности и экономической целесообразности развивать классы задач, решаемых этими средствами автоматизации.

С распространением микропроцессорных приборов быстро вошла в обиход практика именовать современные (отличные от типовых) функции контроля и управления интеллектуальными, а реализующие их средства — интеллектуальными приборами.

В очередном номере журнала проанализирована справедливость применения термина «интеллектуальность» в области промышленной автоматизации, кратко перечислены основные характеристики «интеллектуальных» приборов, «интеллектуального» алгоритмического и программного обеспечения систем автоматизации, «интеллектуальных» отраслей народного хозяйства (авт. *Н. И. Аристова*).

*Редакция благодарит авторов за сделанную работу и желает дальнейших творческих успехов.*

Зарубежные производители современных приборов сосредоточились на описании инновационных методов измерения, используемых в последних линейках их продукции, включая:

— инфракрасную технологию обнаружения газов (*Хэрри П., Honeywell Analytics*);

— распределенный контроль температуры (*Фукузава Тору, Yokogawa*);

— фотометрическую технологию измерения цвета (*Сорокин Ф. Г., Modcon Systems*);

— массовый расход жидкостей и газов (*Крошкин А. Н., Invensys*).

В следующих статьях выделены ключевые характеристики современных приборов (компания *Emerson*) и сформулированы рекомендации для предприятий, планирующих внедрение современной арматуры с функцией диагностики (*Городнев Р. В.*).

Завершают раздел статьи, описывающие результаты разработок отечественных специалистов в области «интеллектуальных» средств и систем автоматизации (авт. *Малафеев С. И. и Тихонов Ю. В.; Крюков О. В.; Варнавский А. Н. и др.*).

## ИНТЕЛЛЕКТ В ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ

**Н.И. Аристова (Журнал «Автоматизация в промышленности»)**

*Представлены определения «интеллектуализации» применительно к области промышленной автоматизации. Кратко перечислены основные характеристики «интеллектуальных» приборов, «интеллектуального» алгоритмического и программного обеспечения систем автоматизации. Выделены особенности «интеллектуальных» отраслей: Smart Grid и интеллектуальных зданий. В области «интеллектуального» роботостроения затронута теория самовоспроизведения.*

*Ключевые слова: интеллект, прибор, алгоритмическое и программное обеспечение, Smart Grid, интеллектуальные здания, самовоспроизведение роботов.*

Промышленная автоматизация — инновационная область, активно использующая современные достижения науки и техники. Появляются новые методы измерения физических величин, разрабатываются усовершенствованные алгоритмы управления, в обиход входит беспроводная связь и Internet-технологии, больших успехов за последние годы достигла встраиваемая техника и т. д. И все эти и многие другие новшества находят применения в средствах и системах автоматизации. При этом область промышленной автоматизации, как и любая другая сфера коммерческой деятельности человека, характеризуется необходимостью продвижения создаваемых разработок, наличием маркетинговых инициатив. А, как известно, в маркетинге не последнее место отводится удачно сформулированным слоганам, оригинальным идеям позиционирования продукта, звучным словосочетаниям. Одним из таких словосочетаний в последние годы стало понятие «интеллектуальные приборы»

или «интеллектуальные системы». Эта формулировка настолько понравилась производителям средств и систем автоматизации, что уверенно превратилась в модную тенденцию: сегодня сложно найти производителей, у которых в линейке продукции не оказалось хотя бы небольшого «интеллектуального» фрагмента.

### **Интеллектуальные средства и системы: определения**

Развитие микропроцессорной техники и оснащение программируемыми микропроцессорами контрольно-измерительных приборов (датчиков и исполнительных механизмов) позволило расширить функциональность последних. В результате всю сложную микропроцессорную продукцию, способную автономно, без участия верхнего уровня, выполнять определенные функции, стали называть «интеллектуальной» продукцией. Другими словами, микропроцессоры и программируемость превратились в «интеллектуальные» механизмы, позволяющие устройствам реализовать их «интеллект».

## Эпоха открытий в науке заканчивается, начинается эпоха мастерства.

Мичио Каку

Под данное определение попадают почти все современные приборы. Но действительно ли они все интеллектуальные? И что можно считать показателем интеллекта в технике?

Ответы на эти вопросы уже неоднократно обсуждались на страницах журнала «Автоматизация в промышленности». Вспомним наиболее точное и оригинальное объяснение значения «интеллектуализации» применительно к приборам и системам.

*В. М. Дозорцев:* «В технике интеллектуализация — процесс привнесения составляющих интеллекта в систему управления, с чем вполне можно согласиться, если удастся понять, как эти составляющие проявляются в работе систем. Другими словами, ключевыми являются не сами переносимые структуры интеллекта, а механизм их продуктивного функционирования в системе управления...»

В некоторых психологических школах (в частности, в гештальт-психологии) интеллект человека и высших животных традиционно понимался как биопсихическая адаптация организма к наличным обстоятельствам жизни. Реализуется эта адаптация не только путем отражения предметных компонентов внешней среды, но и путем установления отношений и связей между ними (ситуаций), нестереотипного решения задач с переносом операций, усвоенных в предшествующем опыте (самообучения). В русле такого понимания интеллектуальная система управления — это система, сохраняющая при изменениях в ТП и внешней среде способность эффективно решать свои задачи» [1].

Таким образом, список интеллектуальных механизмов помимо микропроцессоров и программируемости необходимо дополнить алгоритмическим и программным обеспечением, способным реализовывать сценарии, сохраняющие работоспособность системы при изменениях в ТП и внешней среде.

### Интеллектуальные контрольно-измерительные приборы

О современных приборах уровня ТП под наименованием «интеллектуальные» приборы, об их особенностях и преимуществах на страницах журнала подробно рассказывал Э.Л. Ицкович [2, 3]. Здесь же лишь кратко отметим, что современные средства автоматизации уровня ТП являются самостоятельными вычислительными устройствами, способными, кроме своих традиционных функций, принимать и выдавать управляющие воздействия, вести архив принимаемых и передаваемых данных, осуществлять первичную обработку измеряемого сигнала, выполнять при необходимости отдельные программируемые функции управления, выполнять задачи самодиагностики,

самонастройки и функции безопасности. На рынке появляются многофункциональные приборы, среди новых возможностей которых присутствуют энерго- и ресурсосберегающие опции.

Перераспределение обязанностей в рамках программно-аппаратного обеспечения АСУТП, вызванное появлением современных приборов, оптимизировало процесс создания распределенных систем управления за счет снижения числа линий связи в последних, доли электронной аппаратуры в контроллерах, стоимости проектирования, монтажа, программирования, пуско-наладки и обслуживания.

«Интеллектуальные» приборы приняли на себя решение ряда задач контроля и управления, которые ранее традиционно выполнялись операторами и диспетчерами. Это позволило повысить эффективность процесса управления и одновременно уменьшить влияние человеческого фактора.

Ведущие отечественные и зарубежные разработчики контрольно-измерительных приборов активно совершенствуют свои изделия и заявляют сегодня о создании продукции, характеризующейся возможностью адаптации к тем или иным условиям окружающей среды и особенностям протекания ТП. Оценить уровень интеллектуальности этих разработок затруднительно, поскольку алгоритмы обычно являются ноу-хау компании, а описания этих приборов носят декларативный характер и сводятся к перечислению функций, реализующихся на базе микропроцессоров.

### Современное («интеллектуальное») алгоритмическое и программное обеспечение

Одновременно с приборной составляющей активно разрабатывается специализированное алгоритмическое и программное обеспечение для повышения возможностей систем автоматизации. При этом развитие происходит в направлении совершенствования уже существующих направлений, а также создания новых алгоритмов регулирования, расширяющих класс автоматически управляемых процессов и повышающих точность, качество и эффективность управления. Область алгоритмического и программного обеспечения в большей степени имеет право претендовать на интеллектуальность. Условно разделим имеющиеся на сегодняшний день алгоритмы управления на следующие группы.

1. Алгоритмы адаптивного ПИД-регулирования известны специалистам по автоматизации уже более 10 лет. К ним относятся самонастраивающееся по команде оператора одноконтурное ПИД-регулирование; самонастраивающееся многоконтурное ПИД-регулирование взаимосвязанных величин; адаптивное ПИД-регулирование, которое непрерывно вычисляет текущую дисперсию регулируемой величины и при превышении ею заданного значения само производит перестройку параметров регулятора. Самой инновационной разработкой в области адаптивного регулирования является адаптивный нейрорегулятор,

построенный по технологии, имитирующей работу нейронов мозга. Нейрорегулятор характеризуется существенно более сложной структурой, но значительно более широкими возможностями применения [3].

2. Регулирование по качественно оцениваемым показателям процесса на базе так называемого нечеткого регулятора (Fuzzy Controller), построенного по логическим правилам теории нечетких множеств. Управляющие воздействия такого регулятора или непосредственно воздействуют на исполнительный механизм, или используются в качестве заданий, изменяющих уставку и/или параметры ПИД-регулятора, что позволяет сочетать точность стабилизации ПИД-регулятора с гибкой перестройкой его в разных рабочих ситуациях по качественным характеристикам процесса [3].

3. Субоптимальное регулирование, использующее регулятор с предсказанием на базе модели объекта (Predict Controller). Этот регулятор работает в достаточно широком диапазоне свойств автоматизируемого объекта, включая нелинейные объекты, объекты со значительным транспортным запаздыванием, объекты с рядом взаимосвязанных величин. Практически он выдает субоптимальные управляющие воздействия и является одним из наиболее экономически эффективных средств управления ТП [3].

4. Начинают формироваться генетические алгоритмы оптимизации, имитирующие процессы естественного отбора в живой природе и предназначенные для решения задач оптимального управления в тех случаях, когда не работают известные математические методы оптимизации [2].

5. Виртуальные измерения показателей ТП подразумевают, что значения этих показателей оперативно оцениваются вычислительными методами по тем или иным измеряемым величинам, не имеющим точной функциональной связи с искомым показателем. К данному методу обращаются в тех случаях, если знание текущих значений показателей ТП необходимо для качественного управления, но технические средства для их измерения отсутствуют, а имеются только их лабораторные анализы, производимые редко и с большим запаздыванием. Для реализации виртуального измерения может использоваться нейронная сеть, моделирующая автоматизируемый процесс. Входами сети являются измеряемые величины процесса, выходом — искомое значение показателя. Настройка сети производится по проводимым лабораторным анализам искомой величины [2].

#### Отрасли — интеллектуалы

«Интеллектуальные» программно-технические средства автоматизации изначально создавались для решения производственных задач. И на сегодняшний момент промышленные и транспортные предприятия являются крупнейшими потребителями таких средств и систем. В этой связи интересно отметить, что под влиянием модного слова «интеллекту-

альный» оказались не только отдельные производители, но и целые отрасли народного хозяйства. Речь идет о так называемых интеллектуальных зданиях и интеллектуальной энергетике Smart Grid.

#### Интеллектуальные сети Smart Grid

В современном мире актуальными являются вопросы сокращения потерь электроэнергии и расходов на электричество, уменьшения оплаты за коммунальные услуги, улучшения экологической ситуации и т. д. Помочь в решении этих проблем могут «интеллектуальные» сети Smart Grid.

Интеллектуальным сетям (Self Monitoring Analysis and Reporting Technology) присущи следующие атрибуты ([www.oe.energy.gov/smartgrid.htm](http://www.oe.energy.gov/smartgrid.htm)): способность к самовосстановлению после сбоев в подаче электроэнергии; возможность активного участия в работе сети потребителей; устойчивость сети к физическому и кибернетическому вмешательству злоумышленников; обеспечение требуемого качества передаваемой электроэнергии; обеспечение синхронной работы источников генерации и узлов хранения электроэнергии; появление новых высокотехнологичных продуктов и рынков; повышение эффективности работы энергосистемы в целом.

Технология Smart Grid создана для повышения надежности работы оборудования, возможности контролировать его на расстоянии, оптимизировать энергозатраты, перераспределять электроэнергию, оперативно менять характеристики электрической сети. На технологическом уровне при помощи специализированного комплекса технических средств происходит объединение электрических сетей, потребителей и производителей электричества в единую автоматизированную систему, которая в РВ позволяет отслеживать и контролировать режимы работы всех участников процесса.

В настоящее время имеются примеры практических решений в области Smart Grid, тема активно обсуждается в прессе (например, «Автоматизация в промышленности». 2012. № 4), находит отражение на специализированных выставочных проектах (например, выставка «Электрические сети России», Москва).

#### Интеллектуальные здания

Понятие «интеллектуальное здание» («умный дом») появилось в США в начале 1980-х гг. XX века и очень быстро вошло в обиход. Интеллектуальное здание — это направление в архитектуре и инженерии зданий, в соответствии с которым все системы жизнеобеспечения здания оснащаются программно-техническими средствами автоматизации. Благодаря этому обеспечивается оптимальная среда для ведения бизнеса, комфортные условия деятельности, снижение расходов на эксплуатацию.

Интеллектуальность здания заключается в возможности самостоятельно собирать информацию о температуре, влажности воздуха, об уровне освещенности и других параметрах состояния окружающей среды и микроклимата в помещении, по задан-

ным правилам принимать решение о необходимости подстраивать значения данных параметров и передавать управляющие сигналы инженерному оборудованию, которое корректирует текущее состояние управляющих систем здания.

На уровне постановки задач системы диспетчерской и технологической автоматики инженерных систем зданий ничем не отличаются от систем диспетчерской и технологической автоматики промышленного оборудования. И там, и там нужно собрать выходные сигналы от распределенных по объекту устройств, обработать их логически с помощью стандартных или специально созданных алгоритмов управления, выдать управляющие воздействия, все протекающие процессы отразить на пульте управления. Отличия начинаются при решении специфических бытовых задач, например, управление отоплением или освещением, имитации присутствия в помещении, программирования автономных режимов работы бытовой техники и т. д. Здесь необходимо упомянуть о наличии систем «интеллектуального» освещения, присутствующих при оформлении зданий, витрин, ресторанов и баров.

#### Самовоспроизведение роботов

Обратимся к еще одной отрасли науки и техники, в которой активно используется обсуждаемое понятие «интеллект». Область эта — роботостроение.

Работы над созданием «интеллекта робота», подразумевая под «интеллектом» способность принимать решения в нестандартных ситуациях на основе эвристических алгоритмов анализа (оценки) этой ситуации, ведутся давно. В настоящий момент такого рода алгоритмы разрабатываются и тестируются в рамках создания экспертных систем и самообучающихся автоматов. В ожидании научных достижений написано множество фантастических романов, героями которых являются интеллектуальные роботы.

Роботы становятся все более совершенными, однако до сих пор им не удалось преодолеть ключевое ограничение, отличающее их от живой материи — способность к самовоспроизведению. За последнее время в этой области наметился значительный прогресс: машины пока еще не могут создавать себя с нуля, но они уже научились собирать друг друга, используя готовые модули.

Родоначальником теоретических исследований по самовоспроизведению автоматов послужили работы Дж. Фона Неймана. Основная цель, которую пытался осуществить фон Нейман, — аксиоматическая теория самовоспроизведения конечных автоматов на клеточной среде. Свойства клеток (не биологических) задаются аксиоматически на основании здравого смысла.

При изучении вопросов самовоспроизведения возникли сложности на понятийном уровне (как и с обсуждением интеллектуализации). «... Одной из трудностей определения, что именно имеется ввиду под самовоспроизведением, является то, что определенные структуры, такие как растущие кристаллы, являются самовоспроизводящимися согласно любому «наивному» определению, но никто не стал бы считать их самовоспроизводящимися» [4]. Далее фон Нейман ответил на этот вопрос: «... самовоспроизведение включает способность испытывать наследуемые мутации наравне со способностью производить организм, подобный оригиналу» [4]. Как известно, мутация (лат. mutatio — изменение) — стойкое (которое может быть унаследовано потомками данной клетки или организма) преобразование генотипа, происходящее под влиянием внешней или внутренней среды. Опять наблюдается четкая аналогия с определением интеллекта в промышленной автоматизации: в обоих случаях речь идет об адаптации к изменениям внешней и внутренней среды.

Приведем два примера практических работ, выполненных в области самовоспроизведения.

В 2006 г. в Корнельском университете (США) был создан робот, способный к воспроизведению себе подобных, а также к произвольному изменению своей собственной конфигурации. В основу разработки легли универсальные модули — «молекубы» с длиной ребра 10 см и весом 625 г. К двум противоположащим граням модулей могут подключаться другие модули.



Рис. 1

Благодаря встроенной системе сервоприводов «молекубы» могут вращаться и смещаться друг относительно друга: они образуют нечто вроде сегментированной гусеницы, способной двигаться, поднимать и переносить другие кубики. Робот может менять свою конфигурацию, подсоединяя к себе новые модули или избавляясь от лишних сегментов. Он способен собрать свою точную копию, используя все те же универ-

сальные «молекубы» (рис. 1).

Первые роботы из серии способных к самовоспроизведению состоят всего из 3...4 подвижных кубиков, каждый из которых содержит приблизительную информацию о том, как устроен весь робот. Кроме того, куб имеет детали, с помощью которых контактирует с соседними механизмами, у него также есть возможность подсоединяться к идентичным деталям, тем самым образуя все более и более сложное устройство. Поворачиваясь и двигаясь, детали «наращивают» новые элементы, решая, куда их лучше поместить и какую новую комбинацию сконструировать.

Представленная система собрана из идентичных базовых модулей и сможет с их помощью не только сама себя ремонтировать, если откажет один из ее агре-

готов, но и перестраивать саму себя с учетом поставленных задач или даже делать себе помощников ([www.porpmech.ru](http://www.porpmech.ru)).

В 2008 г. Британские ученые представили робота RepRap (Replicating Rapid-prototyper), представляющего самореплицирующийся 3D-принтер. Заметим, что 3D-принтеры давно применяются для быстрого прототипирования или изготовления небольших партий каких-нибудь оригинальных

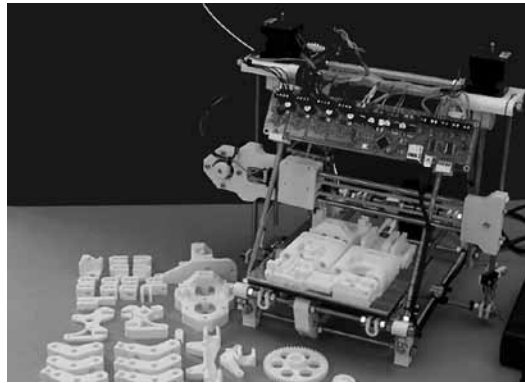


Рис. 2

деталей. Оригинальность робота RepRap в его конструкции, оптимизированной таким образом, чтобы ее части можно было напечатать на нем самом.

Робот изготавливает детали методом 3D-печати, в котором используется последовательное нанесение тонких слоев расплавленного биodeградирующего полимера. Печатающая головка RepRap сделана из того же полимера, которым она печатает, а форма деталей оптимальна для их изготовления на таком же принтере. Правда, воспроизводит этот принтер далеко не все собственные детали. Металлические элементы и электронику роботу нужно брать извне. А финальную сборку своего «ребенка» он поручает человеку (<http://reprap.org>).

#### Заключение

Основополагающие принципы теорий самовоспроизведения и интеллектуализации продолжают разви-

ваться: «Принципы и законы играют ключевую роль в выражении базовых идей науки, позволяя создавать методологию решения проблем. Сфера системных наук и кибернетики особенно нуждается в таких принципах, поскольку она организует мышление в целом, а не только в конкретных дисциплинах» [5].

Синергия системных наук и кибернетики позволяет ученым осуществлять, казалось

бы, несбыточные мечты, реализовывать самые смелые идеи. В наше динамичное время инженерная мысль не может и не должна останавливаться на достигнутом.

#### Список литературы

1. Дозорцев В.М. О термине интеллектуализация в применении к средствам и системам автоматизации ТП // Автоматизация в промышленности. 2006. №6.
2. Ицкович Э.Л. Интеллектуальность средств и систем автоматизации // Автоматизация в промышленности. 2006. №6.
3. Ицкович Э.Л. Эволюция средств и систем автоматизации ТП // Автоматизация в промышленности. 2009. №8.
4. Дж. фон Нейман. Теория самовоспроизводящихся автоматов. М., Мир. 1971.
5. Heylighen F.P. A cognitive-systemic reconstruction of Maslow's theory of self-actualization. Behavioral Science 37 (1). 1992.

*Аристова Наталья Игоревна — канд. техн. наук, главный редактор журнала "Автоматизация в промышленности". Контактный телефон (495) 334-91-30.*

#### Mitsubishi Electric усовершенствовала систему наблюдения телескопа Subaru

Mitsubishi Electric Corporation разработала для телескопа Subaru, расположенного на Большом острове Гавайи, новый фокусирующий узел — главный компонент камеры сверхвысокого разрешения Suprime Cam (HSC). В июле компания передала устройство Национальной астрономической обсерватории Японии (НАОЯ) Национального института естественных наук.

С помощью камеры HSC и нового фокусирующего узла, установленного на телескоп Subaru, НАОЯ уже удалось сделать серию уникальных снимков Вселенной. Теперь телескоп Subaru позволит проводить самые точные в мире наблюдения за темной энергией и темной материей, которые составляют 90% Вселенной и крайне важны для понимания ее происхождения и эволюции.

Высокое качество изображения и широкое поле зрения — отличительные характеристики телескопа Subaru, имеющего 8,2-метровый диаметр главного зеркала. Новая камера HSC охватывает пространство примерно в 7 раз большей площади, чем используемая ранее Suprime-Cam, но по-прежнему обеспечивает высокое разрешение.

Фокусирующий узел Mitsubishi Electric обеспечивает точное управление камерой и широкоугольной коррекционной линзой, общий вес которых составляет более 2 т. Шесть приводов узла способны выдерживать большие нагрузки и качественно регулировать положение объектива и камеры относительно основного зеркала телескопа, компенсируя воздействие гравитационного отклонения плавными движениями. Механизм поворотного устройства плавно вращает камеру на оптической оси, чтобы она всегда совпадала с суточным вращением неба.

Корпорация Mitsubishi Electric приняла участие в создании крупнейшего в мире оптического инфракрасного телескопа Subaru, который расположен на четвертой вершине 200-метрового вулкана Мауна-Кеа (Гавайи). Революционная система контроля температуры с овальным куполом снижает атмосферные искажения, а 261 привод поддерживает устройство шириной 8,2 метра с 20-сантиметровым зеркалом в идеальной форме. Передовые технологии Mitsubishi Electric обеспечивают самый высокий уровень надежности работы телескопа Subaru.

[Http://MitsubishiElectric.ru](http://MitsubishiElectric.ru)