

УДК 007.52

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД В УПРАВЛЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

Душкин Р.В.

ООО «ВойсЛинк»

Информация о статье

Принята 05 октября 2018 г.

Ключевые слова: функциональный подход, интеллектуальное здание, Интернет вещей, искусственный интеллект, интеллектуализация.

DOI: 10.26730/2587-5574-2018-4-27-35

Аннотация.

В настоящее время новый виток научно-технологического прогресса ведет к замещению человека машинами в тех сферах деятельности, где раньше требовался интеллект человека. Инновационное развитие базовых отраслей сегодня идет в направлении широкого внедрения Интернета вещей. Не являются исключениями и строительная отрасль, управление недвижимостью, в которых искусственный интеллект позволяет выполнять ряд функций с более высокой производственной и экономической эффективностью. Статья описывает функциональный подход к управлению внутренней средой интеллектуального здания. Это подразумевает использование и передачу между периферийным оборудованием и центральными инженерными системами неизменяемых состояний, отсутствие побочных эффектов при осуществлении управляющих воздействий и построение децентрализованной сети осуществления вычислений и принятия решений на стороне оконечных устройств на базе так называемого «Интернета вещей».

FUNCTIONAL APPROACH TO THE TECHNOLOGICAL PROCESSES OF INTELLIGENT BUILDINGS MANAGEMENT

Roman V. Dushkin

VoiceLink Ltd.

Article info

Received October 05, 2018

Keywords:

functional approach, intelligent building, Internet of Things, artificial intelligence, intellectualization.

Abstract.

Currently, a new wave of scientific-and-technological progress leads to the replacement of man with machines in those areas of activity where human intelligence was previously required. The innovative development of basic industries today is heading towards the widespread adoption of the Internet of Things. There are no exceptions, and the artificial intelligence allows performing a number of functions with higher capacity and economic efficiency in construction industry and real estate management. The article describes the functional approach to managing the internal environment of an intelligent building. It implies the use and transfer of unchangeable states between peripheral equipment and central engineering systems, the absence of sidereal effects in the implementation of control actions and the construction of a decentralized network for performing calculations and decision-making on the side of terminal devices based on the Internet of Things.

1 Introduction / Введение

Технологическое развитие человечества предоставляет новые возможности и решения для повышения степени интеллектуализации управления различными технологическими процессами. В рамках движения к четвертой технологической революции (так называемая «Индустрия 4.0») осуществляется развитие так называемых «умных» систем и элементов инфраструктуры — умных дорог, умных домов, умных городов. Это дает разработчикам сложных социотехнических систем новые принципы, которые поднимают объекты автоматизации на более высокие уровни эффективности жизнедеятельности и инновационности [1].

Многие исследователи при этом отмечают возникающие перед человечеством вызовы в связи с все большим и большим внедрением отдельных технологий Индустрии 4.0 в бизнес, производство и жизнь [2-6]. Такие вызовы касаются не только ряда сложно решаемых морально-

этических проблем, но и разрыва в технологиях и их применении, когда при наличии уже апробированных технологий на практике внедряются устаревшие методы, либо новые методы и технологии применяются для «автоматизации старого беспорядка». Это происходит потому, что вопросы теоретического осмысления и практического применения новых технологий в автоматизации и интеллектуализации устоявшихся процессов рассматриваются мало. Часто при проектировании и разработке сложных социотехнических систем исповедуется принцип «если работает, не надо трогать», а потому при проектировании используются «выстраданные опытом» подходы, а в практику внедряются морально и технологически устаревшие решения [7].

Тем не менее сегодня уже вполне разработаны, протестированы и внедрены на практике для автоматизации и интеллектуализации процессов управления следующие технологии [8-12]:

1. Нейронные сети, машинное обучение и другие технологии искусственного интеллекта;
2. Одноранговые пиринговые сети, децентрализованные сети и «Интернет вещей»;
3. Распределенные вычисления, распределенные базы данных и вычисления на оконечных устройствах;
4. Облачные и «туманные» вычисления.

Этот перечень не является ни полным, ни исчерпывающим, однако представленные в нем технологии сегодня находятся на острие научных исследований и технологических разработок. И это даже несмотря на то, что некоторые из них зародились несколько десятков лет назад. Совмещение этих технологий для повышения эффективности процессов управления и принятия решений возможно в рамках рассматриваемого в настоящей статье функционального подхода, который основан на принципах функциональной парадигмы программирования, теории категорий и базового математического понятия функции [13].

Наконец, необходимо отметить, что описанная выше ситуация «технологического разрыва» касается, к примеру, автоматизации и интеллектуализации процессов жизнеобеспечения, технологических процессов и процессов управления интеллектуальными зданиями. При этом, несмотря на всестороннее развитие технологий и появление новых принципов, автоматизация таких процессов осуществляется на основе перевода части операций в составе технологического процесса на средства вычислительной техники или периферийную автоматику, при этом кибернетический принцип новых задач, декларированный В. М. Глушковым, практически не используется.

В настоящей работе делается попытка совместить все перечисленные технологии в рамках функционального подхода, который описан на теоретическом уровне, и приводится математическая модель процесса управления внутренней средой интеллектуального здания.

2 Theory of functional approach / Теоретические основы функционального подхода

Функциональный подход был разработан в рамках декларативного программирования и основан на понятии функции [14]. Функциональное программирование оперирует функциями как базовыми примитивами для описания алгоритмов. Это позволяет рассматривать вычислительные процессы в качестве последовательности вызовов функций, каждая из которых может выражаться через атомарные действия и вызов других функций, в том числе и самой себя при организации рекурсивных вызовов [15].

Математическая функция представляет собой «черный ящик» с множеством входов и выходов. Черный ящик реализует некоторое вычисление, то есть преобразование входных значений в выходные [16]. Функции обладают двумя важными качествами — детерминированностью и чистотой [17]. Детерминированность обозначает, что результат вычислений функции зависит только от значений входных параметров. Чистота обозначает, что функция только возвращает значение, не выполняя никаких побочных эффектов. Фактически, свойства детерминированности и чистоты подразумевают, что функция работает только с выделенной для ее работы памятью, ничего не получая из внешней памяти и ничего не записывая в нее. Только вход, выход и черный ящик вычислений между ними (рис. 1).

Как уже сказано, такие свойства функций позволяют организовывать вычисления в виде организации цепочек выполнения функций, когда одни, закончив свои вычисления, передают результаты следующим. Главная особенность состоит в том, что такие цепочки могут вычисляться параллельно — если функции не зависят друг от друга, то они могут безопасно быть вычислены

в параллельном режиме, так как ни одна из них гарантированно не повлияет на память, используемую другой [13]. Это, в свою очередь, позволяет избежать многих проблем, возникающих в рамках параллельных или конкурентных вычислений, основанных на обычной вычислительной модели [18].

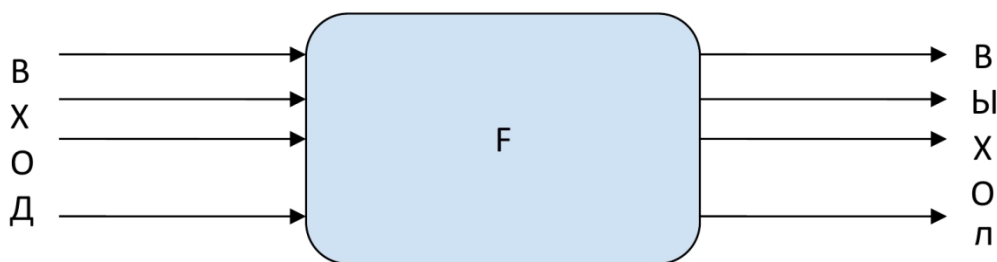


Рис. 1. Общее представление математической функции

Другой важной особенностью чистого функционального подхода является то, что функции можно рассматривать с точки зрения математики, в которой разработано большое количество методов для анализа функций. Так, к примеру, в рамках функционального подхода в программировании имеется возможность оптимизации программ на уровне исходного кода [19]. Также можно анализировать программы, описывающие вычислительные процессы, состоящие из функций и их вызовов, на предмет корректности определений, оптимальности задействования вычислительных ресурсов, возможности распараллеливания вычислений и т. д. [20]. Это позволяет уменьшить стоимость эксплуатации систем, реализованных в рамках функционального подхода, так как ошибки часто можно быстро локализовать до конкретной функции, которую можно оперативно обследовать и исправить. В случае системы, которая должна функционировать непрерывно, локализованную проблему и функцию, где она проявляется, можно быстро заменить на корректную, пустив поток технологического процесса по обходному пути.

Вместе с тем рассмотрение вопросов автоматизации технологических процессов раскрывает важную роль различных устройств ввода-вывода. К устройствам ввода обычно относятся разного рода датчики, в то время как устройства вывода — это обычно исполнительные устройства. Эти типы устройств предназначены для непосредственного взаимодействия со средой, а это означает, что в них нарушаются свойства детерминированности и чистоты. Ввод информации из среды всегда связан с недетерминированностью, а вывод информации в среду — это побочный эффект. Таким образом, использование устройств взаимодействия со средой в процессе выполнения технологического процесса нарушает базовые принципы функционального подхода.

Естественным методом описания технологических процессов могут являться диаграммы потоков данных [21], на которых указываются элементы системы управления технологическим процессом, между которыми по тем или иным регламентам осуществляется передача потоков информации, материальных ресурсов или управленческих воздействий. Пример такой диаграммы абстрактного характера приведен на рис. 2.

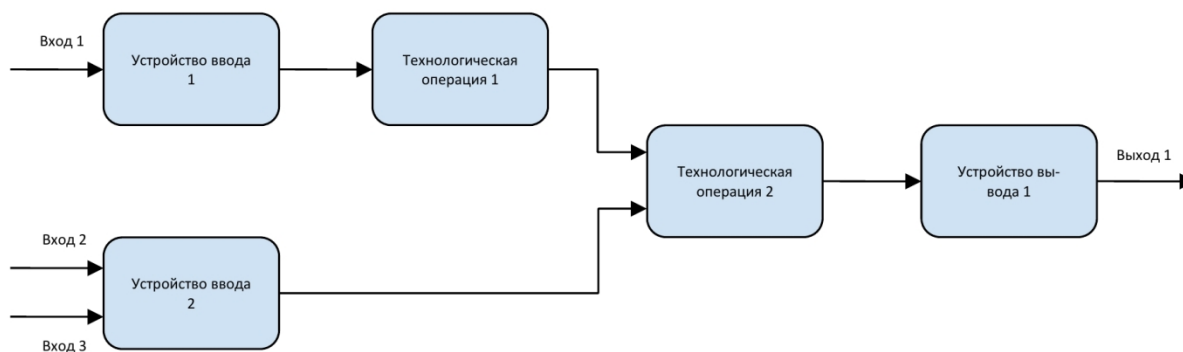


Рис. 2. Пример диаграммы потоков данных, описывающей некоторый абстрактный технологический процесс

Проблема заключается в том, что любое устройство ввода-вывода является недетерминированным по своей природе, а также часто использует в своей работе побочные эффекты. В принципе, любая операция ввода недетерминирована, а любая операция вывода представляет собой побочный эффект. В рамках функционального подхода эта проблема решается при помощи теоретико-категориального понятия монады [22], в которую «упаковывается» нечистый код и которая, таким образом, скрывает, инкапсулируя недетерминированность и нечистоту, все проблемные зоны кода и, как следствие, технологических процессов. Тем самым монады возвращают в системы с использованием ввода-вывода возможность полноценного применения функционального подхода со всеми его положительными качествами [13].

Таким образом, диаграмма потоков данных технологического процесса может быть изоморфно отображена на диаграмму вызова функций. Каждое устройство ввода и вывода, каждая технологическая операция, из которых состоит технологический процесс, представляет собой функцию. И для инкапсуляции недетерминированности и побочных эффектов используется монада, которая скрывает от разработчика системы и ее пользователей сквозную передачу состояния о среде, в которой функционирует система, предоставляя всю мощь функционального подхода для разработки и эксплуатации.

3 Mathematical model of smart building management process / Математическая модель процесса управления умным зданием

Процесс управления внутренней средой интеллектуального здания основан на применении функционального подхода к сценариям различных типов. Сценарий представляет собой набор операций и условий их выполнения. Операции выполняются отдельными подсистемами и элементами интеллектуальной системы управления, которая проверяет условия применения и запускает соответствующие ветви сценария, если условие выполнено. Функциональный подход требует, чтобы операции в рамках выполняемых сценариев рассматривались в качестве функций, а все недетерминированные аспекты и побочные эффекты были инкапсулированы в монаду [13]. В связи с этим далее модель управления внутренней средой интеллектуального здания рассматривается и описывается с позиции теории множеств и теории категорий.

3.1 Set-and-Theoretic Model Representation / Теоретико-множественное представление модели

Теоретико-множественная модель процесса управления внутренней средой интеллектуального здания M представляет собой следующий кортеж:

$$M = \langle I, S, E \rangle \quad (1)$$

где:

I — механизм вывода и принятия решений;

S — множество сценариев;

E — история состояний внутренней среды здания.

Механизм вывода и принятия решений I представляет собой набор информационных масивов и программный комплекс, выполняющий следующие функции:

- Реализация сценариев из множества S ;
- Объяснение полученных результатов (в случае необходимости);
- Визуализация текущего и прогнозного состояния объектов управления;
- Предоставление сводной и конкретизированной отчетности.

С теоретико-множественной точки зрения механизм вывода и принятия решений I является кортежом следующего вида:

$$I = \langle Kb, \mathfrak{S}, Xp, Vz \rangle \quad (2)$$

где:

Kb — база знаний;

\mathfrak{S} — универсальная машина вывода;

Xp — модуль объяснения результатов вывода и принятия решений;

Vz — модуль визуализации и отчетности.

База знаний Kb является гибридной и основана на использовании семантической сети и построении онтологии проблемной области управления эксплуатацией интеллектуального здания,

и множества продукционных правил, описывающих конкретные правила базового жизненного цикла здания. Также в базе знаний хранится набор установленных форм отчетности для выдачи конечному пользователю или во внешние системы. Таким образом, база знаний представляет собой тройку:

$$Kb = \langle Sn, Pr, Rp \rangle \quad (3)$$

где:

Sn — семантическая сеть проблемной области управления эксплуатацией интеллектуального здания;

Pr — множество продукционных правил, описывающих конкретные правила базового жизненного цикла здания;

Rp — набор установленных форм отчетности для выдачи конечному пользователю или во внешние системы.

Универсальная машина вывода \mathfrak{Z} представляет собой программное средство, осуществляющее машинный вывод на базе знаний Kb с учетом текущих и исторических фактов о состоянии внутренней среды интеллектуального здания E и последовательностей шагов текущих активированных сценариев из множества сценариев S .

Модуль объяснения результатов вывода и принятия решений Xp также является программным средством, которое принимает на вход результаты работы универсальной машины вывода \mathfrak{Z} и с учетом знаний из базы знаний Kb объясняет полученный вывод и подготовленное и реализованное решение.

Модуль визуализации и отчетности Vz является программным средством, которое принимает результаты работы универсальной машины вывода \mathfrak{Z} , модуля объяснения результатов вывода и принятия решений Xp и множества текущих и исторических фактов о состоянии внутренней среды интеллектуального здания E , а возвращает набор визуализированных показателей в виде графиков и диаграмм, а также набор отчетности по установленной форме. Набор визуализированных показателей определяется всем объединенным множеством параметров и сводных характеристик, принимаемых с подключенных к системе управления датчиков и исполнительных устройств. Набор форм отчетности определяется базой знаний Kb .

Множество сценариев S представляет собой объект следующего вида:

$$S = \{s_i\}_{i=1}^N \quad (4)$$

где s_i — один сценарий, состоящий из идентификатора, типа (фиксации состояния — S_1 , реактивные — S_2 , проактивные — S_3) и направленного графа, состоящего из условий и технологических операций. Другими словами, каждый сценарий представляет собой кортеж:

$$s = \langle id, tp, G \rangle \quad (5)$$

История состояний внутренней среды здания E представляет собой множество кортежей вида:

$$E = \{ \langle t, p, v \rangle_{i=1}^P \} \quad (6)$$

где:

t — временная отметка;

p — наименование параметра внутренней среды;

v — значение параметра внутренней среды.

3.2 Theoretical-and-Categorical Addition to the Model / Теоретико-категориальное дополнение к модели

Граф G , описывающий некоторый сценарий s , должен некоторым специальным образом охватывать свойства недетерминированности и наличия побочных эффектов при работе с внутренней средой интеллектуального здания. Для этих целей можно воспользоваться аппаратом теории категорий и использовать понятие монады для инкапсуляции указанных свойств и реализации чистого функционального подхода.

Для этих целей наилучшим образом подходит монада *State*, которая определяется над категорией *Set* [23]. Эта монада позволяет передавать из функции в функцию некоторое изменяемое состояние, передача которого скрыта и прозрачна для разработчика и пользователя. В случае использования для инкапсуляции недетерминированности и побочных эффектов во внутренней среде интеллектуального здания монада *State* скрывает и передает между функциями состояние внутренней среды. При этом при изменении состояния предыдущее значение попадает в историю состояний *E*.

4 General Graphical Process Model / Общая графическая модель процесса

Все вышеописанные соображения могут быть объединены в рамках графической модели, представляющий общую архитектуру системы управления интеллектуальным зданием. Такая архитектура показана на рис. 3.

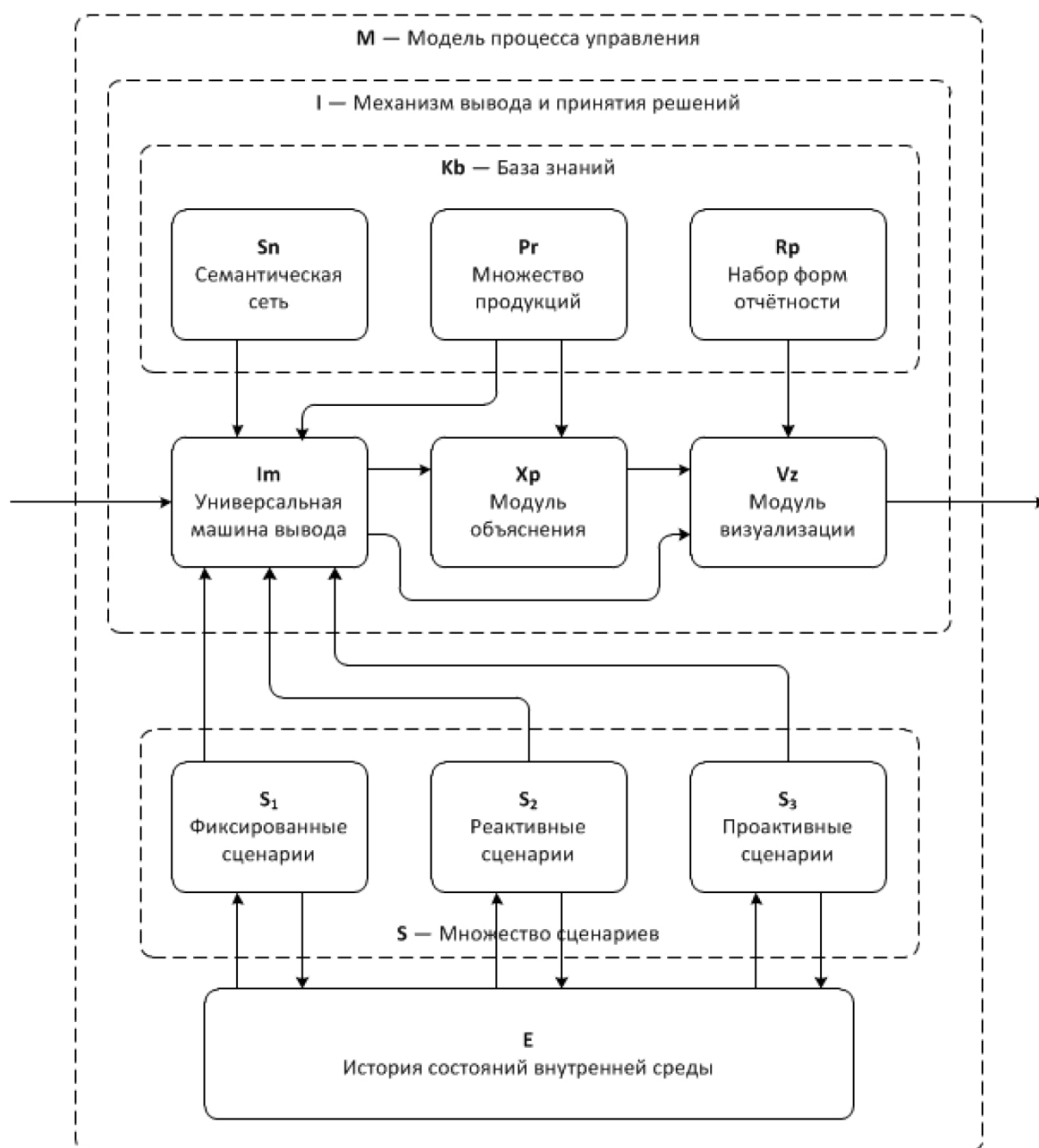


Рис 3. Общая архитектура системы управления интеллектуальным зданием

Стрелками на представленной диаграмме обозначены:

- От сенсоров в универсальную машину вывода \mathfrak{Z} поступают значения параметров внутренней среды интеллектуального здания.
- Универсальная машина вывода \mathfrak{Z} берет из семантической сети Sn и набора продукционных правил Pr все необходимые знания для обработки значений параметров внутренней среды.
 - Универсальная машина вывода \mathfrak{Z} выбирает один из типов сценариев $\{S_1, S_2, S_3\}$ для обработки полученного из внутренней среды значения.
 - Сценарии S получают и передают в историю состояний E значения параметров внутренней среды.
 - Универсальная машина вывода \mathfrak{Z} передает в модули Xp и Vz результаты выполнения выбранного сценария.
 - Модуль объяснения Xp получает из набора продукций Pr все необходимые знания для объяснения полученного универсальной машиной вывода \mathfrak{Z} результата.
 - Модуль объяснения Xp передает в модуль Vz результаты объяснений.
 - Модуль визуализации Vz получает из набора форм отчетности Rp необходимый формат вывода результатов.
 - Модуль визуализации Vz передает на исполнительные устройства или во внешние системы сгенерированную отчетность по установленному формату.

5 Conclusion / Заключение

Перечисленные особенности функционального подхода дают возможность утверждать, что при его использовании в вопросах автоматизации технологических и управляющих процессов в интеллектуальном здании в рамках перехода к Индустрии 4.0 позволит достичь важных технологических, социальных и экономических эффектов. В частности, к таковым можно отнести:

1. Функциональный подход и внедрение технологий Интернета вещей дает беспрецедентный уровень мониторинга технологических операций, что позволяет быстро менять неэффективные или устаревшие процессы.
2. Функциональный подход при управлении интеллектуальным зданием вполне совместим с уже имеющимися решениями, но при этом дает возможность увеличить время безотказной работы и повысить производительность. Более того, результаты внедрения можно измерить.
3. Для различных подсистем интеллектуального здания можно использовать этапность перехода и точечные изменения при приведении к функциональному подходу, что позволит постепенно интегрировать внутреннюю среду здания в единый Интернет вещей.
4. Интернет вещей, используемый при управлении интеллектуальным зданием в совокупности с функциональным подходом, нивелирует или даже исключает тренд «взросления» рабочей силы, поэтому интеллектуализированные решения можно будет применять для возмещения опыта уходящих работников.
5. Вместе с тем функциональный подход также позволяет развивать потребительские технологии, выводя уровень предоставляемого жителям интеллектуальных зданий сервиса на новый уровень.

Однако для получения более конкретных значений для перечисленных эффектов, а также для измерения степеней эффективности управления, устойчивости развития и уровня снижения расходов на эксплуатацию, что может стать достигнутым при внедрении функционального подхода в управление внутренней средой интеллектуального здания, требуется проведение более детальной апробации и дополнительных исследований.

Автор полагает, что дальнейшие исследования в описанном направлении позволят масштабировать полученные результаты на уровень комплекса зданий, муниципалитета, населенного пункта, региона и даже всего государства. В свою очередь это масштабирование может привести к увеличению степени устойчивости, жизнеспособности и развития всех перечисленных сложных социотехнических систем, и, как следствие, снизит нагрузку на экологию.

Список источников

1. Ансофф И. Стратегическое управление. – М.: Экономика, 1989. – 519 с.
2. Kagermann H., Wahlster W., Helbig J. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group, 2013. URL: <https://www.acatech.de/Publikation/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-4-0-final-report-of-the-industrie-4-0-working-group/> (последнее обращение: 18.11.2018).
3. Lasi H., Kemper H.-G., Fettke P., Feld T., Hoffmann M. Industry 4.0 // Business & Information Systems Engineering. – 2014. – Vol. 4(6). – pp. 239-242.
4. Jasperneite J., Niggemann O. Intelligente Assistenzsysteme zur Beherrschung der Systemkomplexität in der Automation. In: ATP edition – Automatisierungstechnische Praxis, 9/2012. – München Oldenbourg Verlag, 2012. – pp.124-141.
5. Jay L., Edzel L., Behrad B., Hung-An K. Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment // Manufacturing Letters. – 2013. – Vol. 1(1). – pp. 38-41. doi:10.1016/j.mfglet.2013.09.005.
6. Jay L., Behrad D., Hung-An K. Recent advances and trends of cyber-physical systems and big data analytics in industrial informatics // IEEE Int. Conference on Industrial Informatics. – 2014. – pp.167-175.
7. Писаренко Н. Л., Длигач А. А. Стратегическое управление. – СПб: Питер, 2008. – 327 с.
8. Загоруйко Н. Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. – Новосибирск: ИМ СО РАН, 1999. – 382 с.
9. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. – М.: Вильямс, 2006. – 1408 с.
10. Таненбаум Э., Стеен М. Распределённые системы. Принципы и парадигмы. – Санкт-Петербург: Питер, 2003. – 877 с.
11. Kranenburg R. The Internet of Things: A critique of ambient technology and the all-seeing network of RFID. – Pijnacker: Telstar Media, 2008. – 62 p.
12. Lee G. Cloud Computing: Principles, Systems and Applications. – London: Springer, 2010. – 379 p.
13. Душкин Р. В. Функциональное программирование на языке Haskell [Functional programming in Haskell]. – М.: ДМК Пресс, 2006. – 608 с.
14. Филд А., Харрисон П. Функциональное программирование. – М.: Мир, 1993. – 637 с.
15. Guy C., Mauny M. The Functional Approach to Programming. Cambridge. – Cambridge: Cambridge University Press, 1998. – 402 p.
16. Эшби У. Р. Введение в кибернетику. М.: Издательство иностранной литературы, 1959. – 432 с.
17. Душкин Р. В. Справочник по языку Haskell. – М.: ДМК-Пресс, 2008. – 544 с.
18. Воеводин В. В., Воеводин Вл. В. Параллельные вычисления. – СПб: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
19. Касперски К. Техника оптимизации программ. Эффективное использование памяти. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 464 с.
20. O'Sullivan B., Goerzen J., Stewart D. Real World Haskell. – London: O'Reilly Pub., 2008. – 710 p.
21. Gane C., Sarson T. Structured Systems Analysis: Tools and Techniques. – Dallas: McDonnell Douglas Systems Integration Company, 1977. – 198 p.
22. Levent E. Value Recursion in Monadic Computations. Salem: Oregon Institute, 2002. – 162 p.
23. Маклейн С. Категории для работающего математика. – М.: Физматлит, 2004. – 240 p.

References

1. Ansoff I. Strategicheskoe upravlenie [Strategic Management]. Moscow: Jekonomika = Economics, 1989. 519 p.
2. Kagermann H., Wahlster W., Helbig J. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group, 2013. URL: <https://www.acatech.de/Publikation/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-4-0-final-report-of-the-industrie-4-0-working-group/> (last access: 18.11.2018).
3. Lasi H., Kemper H.-G., Fettke P., Feld T., Hoffmann M. Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering. 2014. Vol. 4(6). pp. 239-242.
4. Jasperneite J., Niggemann O. Intelligente Assistenzsysteme zur Beherrschung der Systemkomplexität in der Automation. In: ATP edition – Automatisierungstechnische Praxis, 9/2012. München Oldenbourg Verlag, 2012. pp.124-141.
5. Jay L., Edzel L., Behrad B., Hung-An K. Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment. Manufacturing Letters. 2013. Vol. 1(1). pp. 38-41. doi:10.1016/j.mfglet.2013.09.005.
6. Jay L., Behrad D., Hung-An K. Recent advances and trends of cyber-physical systems and big data analytics in industrial informatics. IEEE Int. Conference on Industrial Informatics. 2014. pp.167-175.
7. Pisarenko N. L., Dligach A. A. Strategicheskoe upravlenie [Strategic Management]. Sankt Petersburg: Piter, 2008. 327 p.
8. Zagorujko N. G. Prikladnye metody analiza dannyh i znaniy [Applied methods of data and knowledge analysis]. Novosibirsk: IM SO RAN, 1999. 382 p.
9. Rassel S., Norvig P. Iskusstvennyj intellekt: sovremennyj podhod [Artificial Intelligence: A Modern Approach]. Moscow: Williams, 2006. 1408 p.

10. Tanenbaum Je., Steen M. Raspredeļjonnye sistemy. Principy i paradigms [Distributed systems. Principles and paradigms]. Sankt-Petersburg: Piter, 2003. 877 p.
11. Kranenburg R. The Internet of Things: A critique of ambient technology and the all-seeing network of RFID. Pijnacker: Telstar Media, 2008. 62 p.
12. Lee G. Cloud Computing: Principles, Systems and Applications. London: Springer, 2010. 379 p.
13. Dushkin R. V. Funkcional'noe programmirovaniye na jazyke Haskell. Moscow: DMK Press, 2006. – 608 p.
14. Fild A., Harrison P. Funkcional'noe programmirovaniye [Functional programming]. Moscow: Mir = World, 1993. 637 p.
15. Guy C., Mauny M. The Functional Approach to Programming. Cambridge. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 402 p.
16. Jeshbi U. R. Vvedenie v kibernetiku [Introduction to cybernetics]. Moscow: Izdatel'stvo inostrannoj literatury = Foreign Literature Publishing House, 1959. 432 p.
17. Dushkin R. V. Spravochnik po jazyku Haskell [Haskell Language Reference]. Moscow: DMK-Press, 2008. 544 p.
18. Voevodin V. V., Voevodin V. V. Parallelnyye vychisleniya [Parallel Calculations]. Sankt Petersburg: BHV-Peterburg, 2002. 608 p.
19. Kasperski K. Tehnika optimizatsii programm. Jefferktivnoe ispol'zovanie pamjati [Technique optimization programs. Efficient use of memory]. Sankt Petersburg: BHV-Peterburg, 2003. 464 p.
20. O'Sullivan B., Goerzen J., Stewart D. Real World Haskell. London: O'Reilly Pub., 2008. 710 p.
21. Gane C., Sarson T. Structured Systems Analysis: Tools and Techniques. Dallas: McDonnell Douglas Systems Integration Company, 1977. 198 p.
22. Levent E. Value Recursion in Monadic Computations. Salem: Oregon Institute, 2002. 162 p.
23. Maklejn S. Kategorii dlja rabotajushhego matematika [Categories of working mathematician]. Moscow: Fizmatlit = Publishing House for Physics and Mathematics, 2004. 240 p.

Автор

Душкин Роман Викторович, Заместитель генерального директора по Интеллектуальным транспортным системам и АПК «Безопасный город», ООО «Войс-Линк»
127322, г. Москва, ул. Милашенкова, д. 4А, корп. 1
E-mail: roman.dushkin@gmail.com

Author

Roman V. Dushkin, Deputy CEO on Intelligent Transportation Systems and Smart City, Voice-Link LLC
127322, Russia, Moscow, Milashenkova St. 4A-1
E-mail: roman.dushkin@gmail.com

Библиографическое описание статьи

Душкин Р.В. Функциональный подход в управлении технологическими процессами интеллектуальных зданий // Экономика и управление инновациями — 2018. — № 4 (7). — С. 27-35.

Reference to article

Dushkin R.V. Functional approach to the technological processes of intelligent buildings management. Economics And Innovation Management, 2018, no. 4 (7), pp. 27-35.