

УДК 67.01.75

ТЕРМИН «ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ДИЗАЙН» В ОТНОШЕНИИ СТРУКТУРИРОВАНИЯ СРЕДЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЗДАНИЯ И ЕГО МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ В КОНТЕКСТЕ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Душкин Р. В., Андронов М. Г.

ООО «ВойсЛинк»

Аннотация.

В статье дается определение термина «функциональный дизайн» в применении к процессам управления значениями параметров внутренней среды интеллектуальных зданий и сооружений. Такие процессы управления рассматриваются с точки зрения функционального подхода, что позволяет применить широкий математический аппарат для анализа и синтеза процессов управления с целью структурирования внутренней среды, оптимизации и повышения эффективности управления в рамках функционирования инженерных систем здания. Статья обосновывает возможность применения функционального подхода и функционального дизайна для построения интеллектуализированных систем управления различными аспектами жизнедеятельности и функционирования и интеграции их в общий контур для организации единого информационного пространства. Приводятся критерии применимости описываемого подхода и даются рекомендации по его использованию. На современном этапе развития строительной отрасли особое значение приобретает повышение конкурентоспособности ее продукции. По мере насыщения рынка наибольшие конкурентные преимущества дает интеллектуализация управления зданием. Статья будет интересна ученым и инженерам, работающим в области построения интеллектуальных зданий и систем класса «умный город».

Информация о статье

Принята 05 сентября 2019 г.

Ключевые слова: функциональный дизайн, внутренняя среда, интеллектуальное здание, система управления, интеллектуализация, кибернетический подход.

DOI: 10.26730/2587-5574-2019-3-69-77

THE TERM "FUNCTIONAL DESIGN" IN RELATION TO THE STRUCTURING OF THE ENVIRONMENT OF AN INTELLIGENT BUILDING AND ITS MATHEMATICAL DESCRIPTION IN THE CONTEXT OF INCREASING THE COMPETITIVENESS OF CONSTRUCTION PRODUCTS

Roman V. Dushkin, Mikhail G. Andronov

Voyslink LLC

Abstract.

The article defines the term "functional design" as applied to the processes of controlling the values of the parameters of the internal environment of intelligent buildings and structures. Such control processes are considered from the point of view of a functional approach, which makes it possible to use a wide mathematical apparatus for the analysis and synthesis of control processes in order to structure the internal environment, optimize and improve management efficiency within the framework of the functioning of building engineering systems. The article substantiates the possibility of applying the functional approach and functional design to build intelligent systems for managing various aspects of life and functioning and integrating them into a common circuit for organizing a single information space. Criteria of applicability of the described approach and recommendations for its use are given. At the present stage of development of the construction industry, increasing the competitiveness of its products is of particular importance. As the market is saturated, the greatest competitive advantages are given by the intellectualization of building management. The article will be of interest to scientists and engineers

Article info

Received September 05, 2019

Keywords:

functional design, internal environment, intelligent building, control system, intellectualization, cybernetic approach.

working in the field of building intelligent buildings and systems of the "smart city" class.

1 Introduction / Введение

Интеллектуальное здание – это киберфизическая система нового поколения, основанная на использовании различных технологий так называемой «Индустрии 4.0» [1-5] и подвергнутая процессу интеллектуализации [16-17] в целях повышения эффективности управления зданием, его внутренней средой и инженерными системами жизнеобеспечения, а также для повышения качества жизни и (или) труда использующих это здание людей. Концепция интеллектуального здания появилась как ответ на вызовы нового времени, обусловленные всемерным проникновением технологий цифровизации в жизнь общества.

Под внутренней средой здания, в том числе и интеллектуального, будет пониматься набор значений множества параметров, характеризующих текущее состояние жизненно важных для безопасности и комфорта посетителей факторов [18] (например, качество и температура воздуха, освещенность, отсутствие посторонних и потенциально вредоносных субъектов и объектов в пределах рассматриваемых помещений и прилегающих территорий) [6-10]. Кроме этого, к внутренней среде здания также могут быть отнесены транспортные потоки посетителей и транспортных средств [10].

Интеллектуализация управления зданием подразумевает в том числе наличие непрерывного цикла реактивного и проактивного реагирования на изменение различных параметров внутренней среды и их наборов [13-15]. Реактивное реагирование на изменение параметров внутренней среды основано на обычном кибернетическом цикле управления, когда объектом управления являются выбранные параметры, значения которых необходимо держать в рамках гомеостатического интервала. Проактивный цикл управления основан на предиктивной аналитике поведения внутренней среды интеллектуального здания, которая базируется на взаимодействии динамических моделей самого здания, внутренней и внешней среды. Как реактивное, так и проактивное управления направлены на изменение различных параметров внутренней среды так, чтобы обеспечивать оптимальный режим функционирования здания, его инженерных систем, а также предоставлять его жителям и посетителям наиболее комфортную среду обитания и труда. Этот процесс можно назвать структурированием внутренней среды интеллектуального здания [20-22].

2 Materials and Methods / Материалы и методы

Обычно анализ и синтез кибернетических систем рассматриваются в рамках системного подхода [22]. Явление, процесс или объект рассматриваются в качестве сложной системы обычно киберфизической природы. При этом такая система активно взаимодействует со средой, в которой она функционирует, обмениваясь с ней информацией и управляющими воздействиями. Интеллектуальное здание в этом аспекте также может быть рассмотрено с позиции системного подхода, при этом в рамках настоящей работы имеет смысл ограничить среду только внутренними параметрами здания. Дополнительно в целях изучения взаимодействия интеллектуального здания со своей внутренней средой имеет смысл применять функциональный подход [17], в рамках которого важным инструментарием является так называемый функциональный дизайн.

В рамках промышленной разработки программного обеспечения имеется подход, основанный на шаблонах проектирования [12]. Основным шаблоном проектирования является шаблон «функциональный дизайн», главной задачей которого является инкапсуляция однородных функций в рамках одной сущности (класса, объекта, модуля) для обеспечения сильной связности внутри таких сущностей и низкой степени зацепления между модулями. Утверждается [5], что слабое зацепление между модулями является признаком хорошо структурированной и хорошо спроектированной системы, и, когда оно комбинируется с сильной связностью, это соответствует общим показателям хорошего проекта и высокой степени сопровождаемости. То же самое можно вывести и из общих принципов функционального программирования, когда функции, реализующие определенные виды деятельности или вычислительные паттерны, должны быть максимально автономны, обладать свойством чистоты и отсутствием побочных эффектов [16].

Само собой разумеется, что шаблон проектирования «Функциональный дизайн» можно применять в рамках кибернетического и системного подходов при реализации проектов киберфизических систем. Более того, часто именно этот подход применяется проектировщиками и инженерами бессознательно, так как он является интуитивно оптимальным и понятным для осмысления. Функциональный дизайн делает процесс проектирования сложных технических систем проще, что также позволяет осуществлять декомпозицию самого процесса проектирования. Системотехника (как «системный синтез») также поощряет использование этого шаблона проектирования.

Таким образом, функциональный дизайн в отношении структурирования среды интеллектуального здания может представлять собой главный метод и инструмент в рамках функционального [16], системного и кибернетического подходов при осуществлении системного синтеза интеллектуальных зданий. Вопрос лишь осложняется тем, что при функционировании киберфизических систем в реальном мире практически невозможно избежать недетерминированности и побочных эффектов. Особенно это касается использования сенсоров, которые и создают недетерминированное поведение, и исполнительных устройств, которые применяют побочные эффекты на среду системы. Однако этот вопрос также решаем в рамках функционального подхода с использованием специального математического аппарата на основе теории категорий [23] – инкапсуляция недетерминированности и побочных эффектов в монаду State (или иную подобную со схожими свойствами скрытой передачи хранимой информации) для сокрытия этих нежелательных явлений от чистой функциональной парадигмы. Другими словами, при помощи специальных методов положительные стороны функционального дизайна можно перенести на процессы проектирования и функционирования киберфизических систем, в том числе интеллектуальных зданий, что позволит значительно повысить эффективность обоих процессов.

Новизна предлагаемого подхода основана на слиянии и взаимном усилении нескольких методик проектирования — системотехники, кибернетического и функционального подхода в рамках единого шаблона функционального дизайна, который применяется уже к киберфизическим системам, а не только к программным сущностям. Более того, использование функционального дизайна при проектировании и эксплуатации интеллектуальных зданий имеет высокую степень научной новизны.

Актуальность представленного научного исследования заключается в следующих факторах:

1. Продолжающаяся цифровизация экономики требует внедрения новых высоких технологий на объектах базового уровня во всех сферах жизни, в том числе и в управлении и эксплуатации зданий и сооружений.

2. Всестороннее развитие и внедрение интернета вещей также позволяет говорить о том, что многие базовые процессы управления в сложных технических системах будут подвергаться перестройке и, как следствие, должны проектироваться в рамках правильного подхода к дизайну.

3. Такие технологии, как искусственный интеллект, вычисления на краю и децентрализованные сети связи, развитие и внедрение которых происходит во все сферы жизни, также потребуют современной методологии проектирования, обеспечивающей целостный подход к системотехнике и комплексотехнике сложных киберфизических систем.

Таким образом, сложившееся положение вещей в сфере интеллектуализации управления эксплуатацией зданий и сооружений подчеркивает острую актуальность тематики настоящей научной статьи

3 Results and Discussion / Результаты и обсуждение

Если рассматривать функционирующие в настоящий момент системы управления зданиями и сооружениями, то можно отметить, что эксплуатируемые комплексные (интегрированные) системы управления в большинстве своем обычно являются множествами слабосвязанных частных систем, каждая из которых предназначена для решения некоторого узкого набора проблем. Лишь изредка отдельные системы управления работают в интегрированном режиме, либо даже связаны в единый контур управления посредством центральной системы управления и планирования ресурсов. В последнем случае возможно использование процессов управления, одновременно включающих в свой состав операции из различных подсистем комплекса.

Многие автоматизированные и информационные системы могут серьезно различаться по принципам своего функционирования, сложности и надежности. Отдельные системы занимают только лишь сбором информации и мониторингом, при том что другие основаны только на рефлекторном использовании исполнительных устройств. Большинство систем функционируют на основе полного кибернетического цикла, располагая подсистемой управления, датчики для измерения параметров среды и исполнительные устройства. При этом часто сами системы объединяются в сеть, применяемую для сквозной передачи данных и управленческих воздействий между элементами и модулями систем. Данные, передаваемые по сети, в большинстве случаев представляют собой результаты измерения датчиков, а управленческие воздействия — это команды для исполнительных устройств.

Имеет смысл определить несколько типов классификации для режимов функционирования интеллектуальных зданий, которые рассматриваются в рамках управления внутренней средой таких зданий.

Представляется, что самым интересным типом классификации является разделение режимов функционирования здания на штатный и аварийный режим работы. Штатный режим работы характеризуется тем, что система управления пытается поддерживать оптимальные значения показателей, а также осуществляет оптимизацию потребляемых ресурсов. Если же система переходит в аварийный режим работы, то она, как правило, осуществляет выполнение заранее предусмотренного сценария действий — регламента реагирования на аварийную ситуацию. При этом в рамках интеллектуального здания дополнительно можно рассматривать режим работы с частично вышедшими из строя датчиками и (или) исполнительными устройствами.

Авторская классификация сценариев структурирования внутренней среды интеллектуальных зданий состоит из следующих типов сценариев (рис. 1):

- Фиксированные сценарии – используются в основном при возникновении аварийных ситуаций и носят ситуационный характер;

- Оптимизационные сценарии – нацелены на оптимизацию затрат какого-либо ресурса. Чаще всего речь идет о наименее энерго- или времязатратных режимов работы в тех случаях, когда это возможно.

- Реактивные сценарии – исполняются системой управления в ответ на отклонение некоторого параметра внутренней среды, за которым осуществляется мониторинг, от оптимального (целевого, установочного) значения в результате изменения самой среды или изменения текущего целевого значения.

- Проактивные сценарии – в основе таких сценариев лежит механизм предиктивной аналитики и прогнозирования того или иного события на основе имеющихся у интеллектуальной системы управления данных, определение связанного оптимального режима, а также планирование и исполнение воздействий для достижения целевого режима в необходимые сроки.

- Рассмотрение вопросов автоматизации технологических процессов раскрывает важную роль различных устройств ввода-вывода. К устройствам ввода обычно относятся разного рода сенсоры, датчики и измерительные устройства, в то время как устройства вывода – это обычно исполнительные устройства. Данные 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 [7].

- Итак, 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 [6], в которую «упаковывается» нечистый исходный код и которая таким образом скрывает, инкапсулируя недетерминированность и нечистоту, все проблемные зоны кода и, как следствие, технологических процессов [24-25]. Тем самым, монады возвращают в системы с использованием ввода-вывода возможность полноценного применения функционального подхода со всеми его положительными качествами [13].

• Естественным методом описания технологических процессов могут являться диаграммы потоков данных [2], на которых указываются элементы системы управления технологическим процессом, между которыми по тем или иным регламентам осуществляется передача потоков информации, материальных ресурсов или управленческих воздействий. Вместе с тем авторами предложена собственная нотация для инфографического моделирования технологических процессов [17].



Рис. 1. Классификатор сценариев структурирования внутренней среды интеллектуальных зданий.

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.

Функциональный дизайн позволяет «наложить» на параметры внутренней среды интеллектуального здания процессы управления в нем так, чтобы обеспечить выполнение принципов функционального подхода, принятого в авторском понимании интеллектуализации систем управления сложными социотехническими системами. Имеет смысл рассмотреть различные возможности и варианты применения функционального дизайна для этих целей. Для этого можно воспользоваться примерами технологических процессов, приведенных в [18].

Пример 1. Разблокировка замков дверей по всему зданию в случае задымления:

- Тип: фиксированный сценарий.
- Вход: информация с датчиков задымленности.
- Выход: управляющее воздействие на автоматические замки дверей внутри здания.
- Описание: с заданной периодичностью осуществляется мониторинг входного параметра и в случае изменения состояния какого-либо датчика задымленности на выход подается управляющее воздействие на все автоматические замки дверей внутри здания и порталов для выхода из здания.

Пример 2. Оптимизация емкости парковочного пространства:

- Тип: оптимизационный сценарий.

- Вход: информация о занятости мест на парковке.
- Выход: данные о маршрутах для парковки на табло отображения информации.
- Описание: при изменении состояния какого-либо датчика занятости парковочного места осуществляется пересчет плана оптимальной занятости и вывод на табло отображения информации маршрутов движения по парковочному пространству для новых автомобилей.

Пример 3. Диммирование освещения на внешних площадках:

- Тип: реактивный сценарий.
- Вход: уровень освещенности на улице.
- Выход: управляющее воздействие на осветительные приборы.
- Описание: с датчиков освещенности (и, возможно, с других датчиков, типа автоматической метеостанции) приходит информация об уровне освещенности на тех местах, где необходимо поддерживать уровень освещенности в заданных пределах, и при отклонении уровня с датчиков осуществляется воздействие на осветительные приборы для их диммирования с целью сохранения заданной освещенности; при этом сценарий может учитывать время суток и календарный день года.

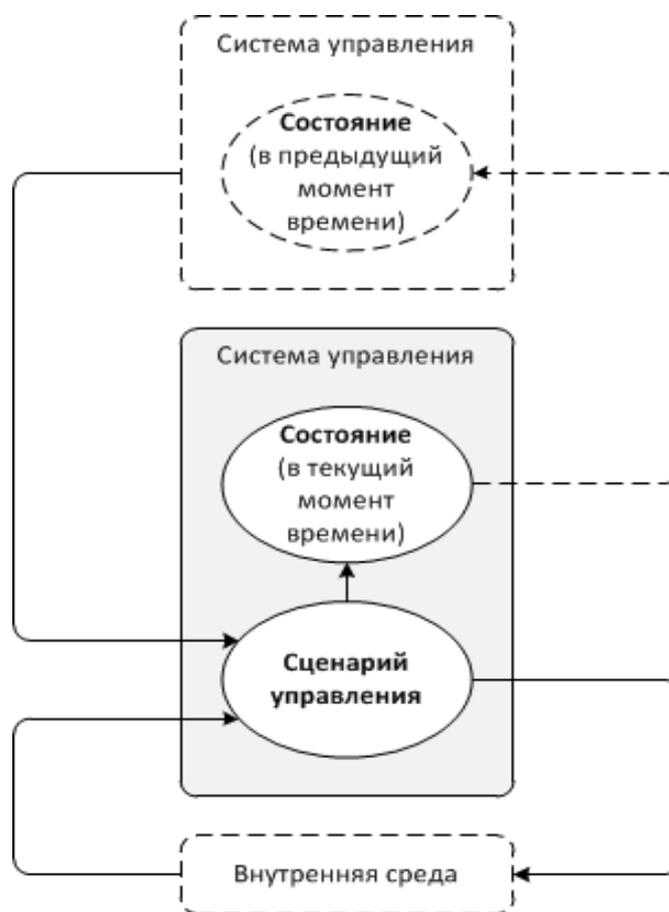


Рис. 2. Сценарий как функция с входами и выходами двух типов.

Пример 4. Разведение лифтов по этажам заранее:

- Тип: проактивный сценарий.
- Вход: время суток и статус занятости лифтового оборудования.
- Выход: план расположения лифтов по этажам.
- Описание: при наступлении определенного времени система управления разводит лифты здания по этажам в соответствии с моделью движения жителей так, чтобы обеспечить оптимальный план работы лифтового оборудования в пиковые часы; при этом сценарий также может запускаться в межпиковое время при прогнозировании востребованности лифтов на том или ином этаже.

Все приведенные примеры фактически представляют собой обособленные сценарии работы системы управления интеллектуальным зданием. При этом такие сценарии удобно представлять в виде функций с входными данными из среды и выходными воздействиями на среду. Однако также сценарий управления в виде функции получает входные данные из самой системы управления, находящейся в предыдущем функциональном состоянии, а на выходе сценарий передает информацию и новое состояние в систему управления. Это важное свойство можно проиллюстрировать диаграммой, показанной на Рис. 2.

Представленную диаграмму следует читать следующим образом. Система управления интеллектуальным зданием находится в процессе динамического развития, что предполагает активную смену внутреннего состояния. Внутреннее состояние меняется посредством выполнения сценария управления, которые запускается либо по триггерам на основе определенных входных значений из среды и состояния системы в предыдущий момент времени, либо по времени (что также можно рассматривать как входное значение из среды). Необходимо отметить, что показанная на рис. 2 диаграмма также может описывать динамику изменения системы управления, в которой сценарии управления могут запускаться в параллельном и конкурентном режиме, однако эта тема выходит за рамки настоящей работы.

Приведенные примеры показывают, что функциональный дизайн в отношении процессов структурирования внутренней среды интеллектуальных зданий является применимой методикой в рамках функционального подхода для построения интеллектуализированных систем управления различными аспектами жизнедеятельности и функционирования и интеграции их в общий контур для организации единого информационного пространства.

При этом надо отметить, что сама по себе задача построения единого информационного пространства в рамках интеллектуального здания является важной для повышения уровня интеллектуальности системы управления. Наличие такого пространства позволяет решить проблему целостности данных, их дублирования в разных инженерных и информационных системах интеллектуального здания, а также позволит осуществлять управление «точно в срок», увеличивая уровень его проактивности.

Заключение

Описанный в настоящей статье подход к организации сценариев управления параметрами внутренней среды интеллектуальных зданий (структурирования среды) – функциональный дизайн – перенесен авторами из смежной области деятельности, а именно взят из области проектирования программного обеспечения. Вместе с тем по профессиональному опыту авторов функциональный дизайн с некоторыми важными дополнениями может быть применен к проектированию, реализации и функционированию технических и киберфизических систем широкого класса.

Список источников

1. Beer S. Brain of the Firm. – London: John Wiley, 1981. – 244 p.
2. Gane C., Sarson T. Structured Systems Analysis: Tools and Techniques. – Chicago: McDonnell Douglas Systems Integration Company, 1977. – 306 p.
3. Guy C., Mauny M. The Functional Approach to Programming. – Cambridge: Cambridge University Press, 1998. – 466 p.
4. 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.
5. Laplante P.A., What Every Engineer Should Know about Software Engineering. – London: CRC Press, 2007. – 280 p.
6. Levent E. Value Recursion in Monadic Computations. – Cold River: Oregon Graduate Institute, 2002. – 162 p.
7. Lipovača M. Learn You a Haskell for Great Good. – San Francisco: No Starch Press, 2011. – 182 p.
8. O'Sullivan B., Goerzen J., Stewart D. Real World. – New York: Haskell-O'Reilly, 2008. – 710 p.
9. Pašek J., Sojková V. Facility management of smart buildings // Int. Rev. Appl. Sci. Eng. – 2018. – Vol. 9(2). – pp. 181-187.
10. Žáček M., Janosek M. SBOnto: Ontology of smart building // Far East Journal of Electronics and Communications. – 2017. – Vol. 17(5). – pp. 1101-1109.

11. Воеводин В. В. Параллельные вычисления. – СПб: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
12. Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидес Д. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. – СПб: Питер, 2014. – 366 с.
13. Душкин Р.В. Функциональное программирование на языке Haskell. – М.: ДМК-Пресс, 2007. – 608 с.
14. Душкин Р.В. Справочник по языку Haskell. – М.: ДМК-Пресс, 2008. – 544 с.
15. Душкин Р.В., Коптев А.П. Автоматизация деловых процессов при помощи Единого комплекса автоматизированных систем управления предприятием. – СПб.: СПГГИ, 2008. – 284 с.
16. Душкин Р.В. Функциональный подход в управлении технологическими процессами интеллектуальных зданий // Экономика и управление инновациями. – 2018. – № 4. – С. 27-35.
17. Душкин Р.В. Интеллектуализация управления техническими системами в рамках функционального подхода // Программные системы и вычислительные методы. – 2019. – № 2. – С. 43-57.
18. Душкин Р.В., Родионов И. В. Анализ сценариев изменения среды интеллектуального здания // Электронные информационные системы. – 2019. — № 2 (21). — С. 61-72.
19. Душкин Р. В., Андронов М. Г. Инфографические модели для описания сценариев анализа и синтеза внутренней среды интеллектуальных зданий // Планируется к публикации в журнале «Электронные информационные системы» в декабре 2019 г.
20. Касперски К. Техника оптимизации программ. Эффективное использование памяти. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 464 с.
21. Колмогоров А. Н., Фомин С. В. Элементы теории функций и функционального анализа. – М.: Наука, 1972. – 496 с.
22. Комаров Н. М., Мохов А. И., Булыгин А. А. Методика применения инфографического моделирования при проектировании инновационного сервисного сопровождения высокотехнологичного оборудования // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2012. – № 3. – С.78-86.
23. Маклейн С. Категории для работающего математика. – М.: Физматлит, 2004. – 210 с.
24. Филд А., Харрисон П. Функциональное программирование. – М.: Мир, 1993. – 637 с.
25. Эшби У.Р. Введение в кибернетику. – Издательство иностранной литературы, 1959. – 432 с.

References

1. Beer S. Brain of the Firm. London: John Wiley, 1981. 244 p.
2. Gane C., Sarson T. Structured Systems Analysis: Tools and Techniques. Chicago: McDonnell Douglas Systems Integration Company, 1977. 306 p.
3. Guy C., Mauny M. The Functional Approach to Programming. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 466 p.
4. 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.
5. Laplante P.A., What Every Engineer Should Know about Software Engineering. London: CRC Press, 2007. 280 p.
6. Levent E. Value Recursion in Monadic Computations. Cold River: Oregon Graduate Institute, 2002. 162 p.
7. Lipovača M. Learn You a Haskell for Great Good. San Francisco: No Starch Press, 2011. 182 p.
8. O'Sullivan B., Goerzen J., Stewart D. Real World. New York: Haskell-O'Reilly, 2008. 710 p.
9. Pašek J., Sojková V. Facility management of smart buildings. Int. Rev. Appl. Sci. Eng. 2018. Vol. 9(2). pp. 181-187.
10. Žáček M., Janosek M. SBOnto: Ontology of smart building. Far East Journal of Electronics and Communications. 2017. 17(5). pp. 1101-1109.
11. Voevodin V. V. Parallel'nye vychisleniya [Parallel computing]. Saint Petersburg: BHV-Peterburg, 2002. 608 p.
12. Gamma E., Helm R., Dzhonson R., Vliissides D. Priyomy ob'ektno-orientirovannogo proektirovaniya. Patternny proektirovaniya [Receptions of object-oriented design. Design patterns]. – Saint Petersburg: Piter, 2014. 366 p.
13. Dushkin R.V. Funkcional'noe programmirovaniye na yazyke Haskell [Functional Haskell Programming]. Moscow: DMK-Press, 2007. 608 p.
14. Dushkin R.V. Spravochnik po yazyku Haskell [Haskell Dictionary]. Moscow.: DMK-Press, 2008. 544 p.
15. Dushkin R.V., Koptev A.P. Avtomatizatsiya delovykh processov pri pomoshchi Edinogo kompleksa avtomatizirovannykh sistem upravleniya predpriyatiem [Automation of business processes using a single set of automated enterprise management systems]. Saint Petersburg: SPGGI, 2008. 284 p.
16. Dushkin R.V. Funkcional'nyy podhod v upravlenii tekhnologicheskimi processami intellektual'nykh zdaniy [A functional approach to the management of technological processes of intelligent buildings] Ekonomika i upravlenie innovatsiyami = Economics and Innovation Management. 2018. Vol. 4. pp. 27-35.
17. Dushkin R.V. Intellektualizatsiya upravleniya tekhnicheskimi sistemami v ramkah funktsional'nogo podhoda [Intellectualization of management of technical systems within the framework of a functional approach]. Programmnyye sistemy i vychislitel'nye metody = Software systems and computational methods. 2019. Vol. 2. pp. 43-57.

18. Dushkin R.V., Rodionov I. V. (2019b) Analiz scenarijev izmeneniya sredy intellektual'nogo zdaniya [Analysis of scenarios for changing the environment of an intelligent building]. Elektronnye informacionnye sistemy = Electronic Information Systems. 2019. Vol. 2 (21). pp. 61-72.

19. Dushkin R. V., Andronov M. G. Infograficheskie modeli dlya opisaniya scenarijev analiza i sinteza vnutrennej sredy intellektual'nyh zdaniy [Infographic models for describing scenarios of analysis and synthesis of the internal environment of intelligent buildings]. Planiruetsya k publikacii v zhurnale «Elektronnye informacionnye sistemy» v dekabre 2019 g. = It is planned for publication in the journal "Electronic information systems" in December 2019.

20. Kasperski K. Tekhnika optimizacii programm. Effektivnoe ispol'zovanie pamyati [Technique for optimizing programs. Efficient use of memory]. Saint Petersburg: BHV-Peterburg, 2003. 464 p.

21. Kolmogorov A. N., Fomin S. V. Elementy teorii funkcij i funkcional'nogo analiza [Elements of function theory and functional analysis]. Moscow: Nauka = Science, 1972. 496 p.

22. Komarov N. M., Mohov A. I., Bulygin A. A. Metodika primeneniya infograficheskogo modelirovaniya pri proektirovanii innovacionnogo servisnogo soprovozhdeniya vysokotekhnologichnogo oborudovaniya [The methodology of applying infographic modeling in the design of innovative service support for high-tech equipment]. Elektrotekhnicheskie i informacionnye komplekсы i sistemy = Electrical and information systems and systems. 2012. Vol. 3. pp.78-86.

23. Maklejn S. Kategorii dlya rabotayushchego matematika [Categories for a working mathematician]. Moscow: Fizmatlit = Publishing house for physics and mathematics, 2004. 210 p.

24. Fild A., Harrison P. (1993) Funkcional'noe programmirovaniye [Functional programming]. Moscow: Mir = World, 1993. 637 p.

25. Eshbi U.R. Vvedenie v kibernetiku [Introduction to cybernetics]. Izdatel'stvo inostranoj literatury = Publisher of foreign literature, 1959. 432 p.

Авторы

Душкин Роман Викторович, заместитель генерального директора по интеллектуальным транспортным системам и АПК «Безопасный город» ООО «ВойсЛинк»
127322, Россия, г. Москва, ул. Милашенкова, д. 4А, корп. 1.
E-Mail: roman.dushkin@gmail.com

Андронов Михаил Григорьевич, инженер-программист ООО «ВойсЛинк».
127322, Россия, г. Москва, ул. Милашенкова, д. 4А, корп. 1.
E-Mail: mihandronov@gmail.com

Библиографическое описание статьи

Душкин Р. В., Андронов М. Г. Термин «Функциональный дизайн» в отношении структурирования среды интеллектуального здания и его математическое описание в контексте повышения конкурентоспособности строительной продукции // Экономика и управление инновациями — 2019. — № 3 (10). — С. 69-77.

Authors

Roman V. Dushkin, Deputy General Director for Intelligent Transport Systems and Agroindustrial Complex Safe City, VoysLink LLC
127322 4A Milashenkova st., bldg. 1, Moscow Russia
E-mail: roman.dushkin@gmail.com

Mikhail G. Andronov, software engineer at Voyslink LLC.
127322 4A Milashenkova st., bldg. 1, Moscow Russia
E-mail: mihandronov@gmail.com

Reference to article

Dushkin R.V., Andronov M.G. The term "Functional design" in relation to the structuring of the environment of an intelligent building and its mathematical description in the context of increasing the competitiveness of construction products. Economics and Innovation Management, 2019, no. 3 (10), pp. 69-77.