

Научная статья

Original article

УДК 681.5

doi: 10.55186/2413046X_2022_7_8_453

**АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ
БИЗНЕС ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ
ANALYSIS OF MATHEMATICAL METHODS FOR AUTOMATION OF
BUSINESS PROCESSES OF ORGANIZATION**



Шевченко Евгения Владимировна, НИУ «Высшая школа экономики»,
shevchenkozhev@gmail.com

Радкевич Евгения Витальевна, инженер-физик НИЯУ «Московский инженерно-физический институт» (МИФИ), sidorenkoeve@inbox.ru

Горбачев Сергей Алексеевич, НИУ «Московский государственный строительный университет», gorbsergo@mail.ru

Горбачев Семен Алексеевич, НИУ «Московский авиационный институт»,
gorbsemgo@gmail.com

Титов Александр Юрьевич, специалист ГОУ ВПО «Кубанский государственный университет», altiu@bk.ru

Shevchenko Evgeniia Vladimirovna, Higher School of Economics,
shevchenkozhev@gmail.com

Radkevich Evgeniia Vitalevna, Engineer-physicist of the Moscow Engineering Physics Institute (MEPhI), sidorenkoeve@inbox.ru

Gorbachev Sergei Alekseevich, NRU "Moscow State University of Civil Engineering", gorbsergo@mail.ru

Gorbachev Semen Alekseevich, NRU "Moscow Aviation Institute",
gorbsemgo@gmail.com

Titov Aleksandr Iurevich, specialist of the State Educational Institution of Higher Education "Kuban State University", altiu@bk.ru

Аннотация. Возрастающая сложность программных компонентов в системах автоматизации требует систематического подхода к тестированию, чтобы обеспечить эффективное и действенное тестирование в случае изменений. Мы представили адаптированный подход разработки через тестирование (TDD) для программного обеспечения в области автоматизации и провели начальное технико-экономическое обоснование с использованием выбранных моделей из семейства диаграмм UML. Будущая работа включает в себя применение процессного подхода в более широком контексте приложений у отраслевых партнеров, изучение автоматического кода и тестовых сценариев с инструментальной поддержкой на основе этих моделей. А также технологический процесс генерации для поддержки системных инженерных процессов при разработке систем автоматизации.

Abstract. The increasing complexity of software components in automation systems requires a systematic approach to testing to ensure efficient and effective testing in case of changes. We presented an adapted test-driven development (TDD) approach for automation software and conducted an initial feasibility study using selected models from the UML diagram family. Future work includes applying the process approach to the broader application context of industry partners, examining automated code and instrumented test cases based on these models. As well as the technological process of generation to support system engineering processes in the development of automation systems.

Ключевые слова: автоматизация, математические методы, системный анализ, технико-экономические показатели, электротехника, моделирование и кодирование, менеджмент организации

Key words: automation, mathematical methods, systems analysis, technical and economic indicators, electrical engineering, modeling and coding, organisation management

Потребности бизнеса в гибких системах автоматизации, таких как эффективная реконфигурация производственных предприятий, способствуют переносу функций автоматизации с аппаратных на программные компоненты. Программные компоненты, встроенные в общую отраслевую и/или потребительскую платформу, обеспечивают высокую гибкость за счет автоматической реконфигурации и быстрого реагирования на часто меняющиеся требования. Тем не менее, в области проектирования систем автоматизации мы наблюдали сильное внимание к разработке аппаратного обеспечения и ограниченные инженерные процессы в разработке программного обеспечения. Таким образом, существует потребность в укреплении потенциала разработки программного обеспечения путем (а) внедрения систематических подходов к процессу, (б) конструктивных подходов к разработке программного обеспечения и (в) эффективных аналитических мероприятий по обеспечению качества для оценки качества (программного) продукта, как проработанное аппаратное решение.

В машиностроении на обработку деталей уходит всего 2-3% всего времени. Значительное время уходит на межоперационное хранение и транспортировку. Производительность автоматического склада определяет экономические показатели предприятия в целом. Кроме того, ассортимент и аварийный запас продукции, хранящейся на складе, должны обеспечивать стабильную работу в условиях изменения производственной программы. Данная статья посвящена алгоритму, лежащему в основе цифрового взаимодействия автоматического склада как киберфизической системы. Внедрение интерактивных цифровых технологий обеспечило широкое применение гибких производственных систем (ГПС). Это позволяет обобщить их составные элементы для формирования их структуры [1], в которой автоматический склад (АС) является одним из важнейших элементов, во многом определяющих показатели всего производства. По информации, предоставленной компаниями-производителями, в среднем завод использует до 40 % производственных площадей под складские

помещения с высокой стоимостью, при этом их объемные площади используются очень мало [2]. Кроме того, фактическое время обработки изделий составляет около 3% и менее, откуда следует, что темп и характер работы АРМ накладывают ограничения на производительность ФМС, производительность и разнообразие номенклатуры, влияющие на степень гибкости всего производства и основных технико-экономических характеристик. Идентификация эффективного программного процесса, основанного на тестировании, для создания тестовых сценариев на основе моделей в области промышленной автоматизации. Современный автоматизированный склад промышленного производства оснащен датчиками для определения типа, размера, веса, срока годности каждой SKU. Также есть роботы для перемещения SKU, алгоритмы управления и интерфейс для взаимодействия с внешними сервисами. При разработке такой киберфизической системы необходимо оптимизировать ее основные параметры. При проектировании систем сверху вниз модели могут быть уточнены на основе моделей структуры и поведения из семейства диаграмм UML за 11 шагов. Исследование моделей, которые поддерживают генерацию тестовых случаев в контексте проектирования систем автоматизации. Результаты технико-экономического обоснования показали, что модели могут поддерживать статическое и динамическое моделирование. Статические модели необходимы в качестве основы для описания системы. Диаграммы поведения и взаимодействия позволяют напрямую выводить тестовые примеры на основе моделей. Тем не менее, выбор моделей сильно зависит от сложности и размера проекта.

Методы: Эмпирические, математические.

Если задача повышения гибкости основного оборудования ФМС решается в целом, как разработкой программного обеспечения, так и большим разнообразием обрабатывающих инструментов и приспособлений, то автоматические склады в настоящее время заняты в основном отработкой алгоритмов работы робот-укладчик, имеющий определенный предел,

обусловленный жестко детерминированной структурой подавляющего большинства [3] конструкций АРМ. Поскольку все товары (SKU - единица хранения), поступающие на АРМ, имеют цифровую маркировку (штрих-код, QR-коды, RFID), в котором разрешено межмашинное взаимодействие (M2M), информация о габаритах и весе товаров доступна серверу управления складом.

Чтобы повысить степень гибкости автоматических складов и сделать их более соответствующими другим элементам ФМС, необходимо обеспечить возможность гибкой перестройки его конструкции под параметры хранимых товаров. Исследования и анализ современных складов показывают, что в настоящее время, с учетом технических возможностей, наиболее рациональным решением является реализация автоматических складов с ячейками изменяемых размеров. Для эффективной разработки таких систем необходимо разработать методы расчета их основных показателей с учетом основных особенностей работы в составе ФМС. Есть несколько отчетов об использовании моделей UML в области систем автоматизации. Модели могут поддерживать (а) систематическое проектирование систем и компонентов автоматизации и (б) систематическое создание тестовых сценариев на различных уровнях на основе подходов к моделированию, предоставляемых UML. В этой работе мы сосредоточимся на прямом процессе генерации тестовых случаев, адаптированном к области систем автоматизации, то есть с использованием (а) концепции «сначала тестирование» и (б) моделей генерации тестовых случаев. Некоторые статьи ссылаются на адаптивные стратегии тестирования программного обеспечения, например, для онлайн-модификаций тестовых случаев в процессе тестирования. Тем не менее, в этой статье под адаптацией понимается изменение общепринятых практик генерации тестовых сценариев, основанных на разработке программного обеспечения для бизнеса. Мы представляем адаптированный процесс TDD для создания тестовых случаев в области систем промышленной автоматизации и

определяем набор моделей, который позволяет систематически выводить тестовые примеры, которые можно запускать автоматически. Мы оцениваем адаптированный процесс TDD в эмпирическом технико-экономическом обосновании, основанном на промышленном примере использования, чтобы проанализировать сильные и слабые стороны подхода.

Обсуждение

Автоматические склады, проектируемые и эксплуатируемые в настоящее время, представляют собой систему многоячеечных стеллажей, обслуживаемых роботом-укладчиком, размеры ячеек определяются при проектировании и не изменяются после строительства склада. Объем V товаров, хранящихся на складе, является переменным, а пределы диапазона его изменения обусловлены мощностями используемого в ФМС оборудования и вспомогательных средств (транспорт, роботы и т.п.) и заранее известны, что может выразить соотношением $V_{\min} < V < V_{\max}$. Кроме того, объемы товаров в потоке поставок на такие склады являются весьма стохастическими величинами, которые можно охарактеризовать плотностью распределения, на которую также влияют такие основные факторы, как направленность производства, используемое оборудование, а также производственная программа, осуществляемый контроль над процессом выбора производственной программы как того рычага, с помощью которого можно влиять на показатели ФМС в целом и на работу автоматического склада в частности.

Описанная модель жесткого склада послужит отправной точкой для анализа. Видно, что на таком складе объем ячеек соответствует максимальному складированию товаров V_{\max} , кроме того, за счет разработки оптимальных алгоритмов управления в одной ячейке может храниться несколько единиц товаров меньшего объема. Пусть n - количество штучных товаров в ячейке относительно объема V (признак D1); другая характеристика D2, соответствующая идеальному варианту размещения при

многократных объемах товаров на складе, в то время как любая характеристика размещения на жестком складе всегда будет ниже $D2$.

Из полученных значений можно определить важнейший параметр склада – коэффициент использования объема, который численно равен величине отношения занятого объема ячеек, в которых хранятся товары [4], к их общему количеству. Объем, и обозначается как KV .

Далее, при обычно используемом нормированном распределении [5] влияние оказывает только значение отношения V_{max} / V_{min} . Для количественного описания дискретности и степени перегруппировки и, следовательно.

Граница известна, что даже при неполной информации всегда позволяет провести предварительную оценку выгоды перестройки. Величина KV является функцией закона распределения объемов, показатель дискретности и характеристики грузоподъемности. Несмотря на кажущуюся сложность предложенного уравнения, результаты расчета по этой формуле можно представить достаточно наглядно. Компоненты программного обеспечения обеспечивают все большую часть добавленной стоимости в системах автоматизации и становятся более сложными для создания и тестирования. Разработка через тестирование (TDD) программных систем успешно используется для гибкой разработки программных систем для бизнеса. Тестовые примеры определяют внедрение системы и могут выполняться автоматически после внесения изменений в программное обеспечение (непрерывная интеграция и стратегия сборки). Однако процессы TDD необходимо адаптировать для разработки систем автоматизации управления, когда реальные системы сложно моделировать и тестировать автоматически. В этой статье мы представляем адаптированный процесс TDD из области разработки программного обеспечения для бизнеса в разработку промышленной автоматизации. Мы определяем набор моделей UML, которые позволяют систематически выводить тестовые примеры. На основе первоначального эмпирического исследования мы оцениваем

адаптированный процесс TDD на основе промышленного варианта использования, чтобы определить сильные и слабые стороны этого подхода. Основные результаты исследования заключались в том, что модели UML позволили эффективно выводить тестовые примеры в контексте исследования.[6]

Различные требования к системам автоматизации (например, критичные ко времени требования, циклические операции контроллеров, безопасность) требуют систематической оценки возможных методов разработки программного обеспечения для бизнеса и их применимости в области систем автоматизации. В области разработки систем автоматизации мы обнаружили ряд новых проблем, которые могут быть решены с помощью концепции программных компонентов: изменения требований и свойств системы (например, во время разработки систем, технического обслуживания) могут решаться с помощью программных компонентов. Тем не менее, изменения должны тестироваться систематически и эффективно. Таким образом, мы видим потребность в тестовой среде для обеспечения инструментальной поддержки систематического тестирования. [7-9]

Выводы

Итак, вышеприведенные данные позволяют определить изменение основных параметров AP после перехода к их организации с переставляемыми размерами ячеек. Полученные результаты касаются только функционирования собственно складской зоны и могут быть представлены в виде алгоритмов, объединяющих конкретные характеристики товаропотоков (включая количественные и качественные показатели товаров), структурные характеристики АРМ, а также данные робота-укладчика, а только те, которые были необходимы при расчетах и взяты в наиболее обобщенном виде. Для разработки гибкой автоматической складской системы необходимо определить взаимосвязь между двумя указанными группами параметров, с добавлением динамических и конструктивных характеристик робота-штабелера, что позволит связать их воедино в единое целое. Это необходимо

по той причине, что в ФМС взаимодействие с АРМ происходит практически всегда через робота-укладчика, который поэтому является важным звеном производственной цепочки, и в нашем случае его разработка должна производиться совместно с разработкой конструкции склада с переставляемыми размерами ячеек.

Список источников

1. Пищухин, А.М. Автоматизация на основе мультиструктурных систем. - Оренбург: ОГУ 2001.
2. ГОСТ 23004-78. Механизация и автоматизация технологических процессов в машиностроении и приборостроении. Основные термины, определения и обозначения. М.: Издательство стандартов.- 1978.
3. Теория автоматического управления. Ч.1 Теория линейных систем автоматического управления.- М.: Высшая школа, 1986.
4. Пищухин, А.М. О решении задачи порождения метасистемы. / Пищухин А.М., Сахарова Н.С., Ахмедьянова Г.Ф. // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-8.
5. Евсюков, В.Н., Пищухин А.М. Системность процесса управления: Учебное пособие.-Оренбург: ОГУ, 2000.
6. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач.-М.: Радио и связь, 1990.
7. Третьяк, Л.Н. Автоматизация управления процессом производства пива с заданными свойствами / Л.Н. Третьяк // Вестн. Оренбург.гос. ун-та. - 2010. - № 10.
8. Первозванский, А.А. Курс теории автоматического управления.-М.: Наука, 1986.
9. Пищухин, А.М. Теоретические основы выбора средств автоматизации технологических процессов: Учебное пособие. - Оренбург: ГОУ ОГУ 2004.

References

1. Pishchukhin, A.M. Automation based on multistructural systems. - Orenburg: OSU 2001.

2. GOST 23004-78. Mechanization and automation of technological processes in mechanical engineering and instrument making. Basic terms, definitions and designations. М.: Publishing house of standards. - 1978.
3. Theory of automatic control. Part 1 Theory of linear automatic control systems. - М.: Higher school, 1986.
4. Pishchukhin, A.M. On the solution of the problem of generating a metasystem. / Pishchukhin A.M., Sakharova N.S., Akhmedyanova G.F. // Fundamental research. 2014. No. 11-8.
5. Evsyukov, V.N., Pishchukhin A.M. Consistency of the management process: Textbook. - Orenburg: OSU, 2000.
6. Clear J. Systemology. Automation of solving system problems. - М.: Radio and communication, 1990.
7. Tretyak, L.N. Automation of beer production process control with specified properties / L.N. Tretyak // Vestn. Orenburg.state. university - 2010. - No. 10.
8. Pervozvansky, A.A. Course of the theory of automatic control. -М.: Nauka, 1986.
9. Pishchukhin, A.M. Theoretical foundations for the choice of means of automation of technological processes: Textbook. - Orenburg: GOU OGU 2004.

Для цитирования: Шевченко Е.В., Радкевич Е.В., Горбачев С.А., Горбачев С.А., Титов А.Ю. Анализ математических методов для автоматизации бизнес процессов организации // Московский экономический журнал. 2022. № 8. URL: <https://qje.su/ekonomicheskaya-teoriya/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-8-2022-3/>

© Шевченко Е.В., Радкевич Е.В., Горбачев С.А., Горбачев С.А., Титов А.Ю.,
2022. Московский экономический журнал, 2022, № 8.