

---

---

# СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ АРХИТЕКТУРЫ И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

---

---

УДК 004.896  
DOI: 10.17586/0021-3454-2018-61-11-963-971

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

П. А. ОХТИЛЕВ

*Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН,  
199178, Санкт-Петербург, Россия  
E-mail: pavel.oxt@mail.ru*

Рассматривается задача автоматизации информационно-аналитической поддержки жизненного цикла организаций и производимых ими изделий. С учетом исследования требований к данной задаче и методов ее решения предложено использовать комбинированные модели и методы теории искусственного интеллекта в качестве основы для системы автоматизированного проектирования прикладного программного обеспечения, решающего указанную задачу.

**Ключевые слова:** *информационно-аналитические системы, сложные объекты, жизненный цикл, автоматизированное проектирование программного обеспечения, теория искусственного интеллекта*

**Введение.** В ряде предметных областей (в частности, в ракетно-космической отрасли) в настоящее время наблюдается ужесточение требований, предъявляемых к производственным, технологическим и организационным процессам, а также к качеству и надежности изделий. При этом и на общемировом уровне, и в Российской Федерации ставятся задачи автоматизации подобных процессов, а также создания и развития „Индустрии 4.0“, цифровой экономики, виртуальных производств, единого информационного пространства [1—3]. Например, в ракетно-космической отрасли предлагается создать систему информации в соответствии с ГОСТ РО 1410-002-2010, в которой задача оценивания состояния изделий будет выполняться на всех этапах их жизненного цикла (ЖЦ). Опыт внедрения различных автоматизированных систем за последние десятилетия показывает, что корректное управление информационными потоками посредством автоматизации указанных процессов позволяет существенно повысить эффективность функционирования организаций и предприятий. К таким автоматизированным системам можно отнести различные системы мониторинга состояния, поддержки принятия решений, управления, информационно-аналитические, информационно-справочные и другие системы, а также их иностранные аналоги — SCADA, ERP, MES, CAD, CALS, PLM, OLAP и др. Внедрение различных автоматизированных систем привело к тому, что информация, формируемая на разных этапах ЖЦ изделий, распределена по территориально удаленным организациям или их отделам, представлена на различных носителях, рассогласована

в смысле типов данных, семантической интерпретации, динамики потоков. В такой ситуации лица, принимающие решения (ЛПР), не имеют возможности в автоматизированном режиме осуществлять сбор, обработку и анализ информации об обобщенном состоянии изделий, отслеживать его в течение ЖЦ и принимать обоснованные решения по управлению. Вследствие этого представляется актуальной научно-техническая задача проектирования систем информационно-аналитической поддержки ЖЦ организаций и производимых ими изделий.

**Автоматизированная информационно-аналитическая поддержка: текущая ситуация.** Необходимость использования методологии автоматизированной информационно-аналитической поддержки ЖЦ сложных объектов для решения задач проектирования и эксплуатации систем поддержки принятия решений (СППР) продиктована неудовлетворительным текущим состоянием дел по внедрению передовых информационных технологий в областях государственного и промышленного управления. Отсутствие единого комплекса стандартов „электронного описания“ ЖЦ, обеспечивающих информационное взаимодействие электронных технологий (в рамках одной организации или „виртуального“ объединения организаций), приводит к значительным издержкам в процессах проектирования, подготовки производства, изготовления и эксплуатации продукции. Эти издержки западными аналитиками оцениваются, например, в масштабах промышленности США в десятки миллиардов долларов в год [4].

Отсутствие общих принципов и правил, затрудняющих возможность тиражировать обобщенный опыт экспертов в предметной области в виде соответствующих баз данных и знаний, приводит к необходимости подготовки и содержания узкоспециализированных специалистов, ориентированных на решение задач в рамках частных информационных систем. Таким образом, можно говорить об отсутствии согласованного функционирования различных автоматизированных систем, существующих в рамках организаций и предприятий.

Рассматриваемая сложная научно-техническая проблема (противоречивая ситуация) характеризуется, с одной стороны, высокими требованиями, предъявляемыми к облику информационно-аналитических систем (ИАС), а с другой — необходимостью интеграции информации о состоянии подсистем и их элементов при синтезе виртуальных производств изделий и единого информационного пространства организаций.

Решение данной проблемы предполагает разработку методологии сбора, интеграции, обработки и анализа (мониторинга) разнородной информации в реальном масштабе времени.

**Выбор направления научных исследований по формированию методологии проектирования ИАС.** Необходимость соответствия предъявляемым требованиям является аргументом для использования формальных методов, обеспечивающих прогнозируемые или заданные показатели качества и достоверность результатов обработки данных в автоматизированной системе, при проектировании ИАС. Наилучших результатов можно добиться, внедрив в систему фундаментальные математические теоремы и методы. Однако зачастую разработка прикладного программного обеспечения (ППО) на основе строгих аналитических методов либо невозможна, либо не оправдывает вложенных затрат. Это связано с тем, что современные организации, предприятия и производимые ими изделия относятся к классу сложных организационно-технических объектов (СОТО), характеризующихся территориальной распределенностью, большим количеством циркулирующих параллельных и асинхронных информационных потоков, неполнотой, недоопределенностью и неоднородностью информации, высокими рисками и большими масштабами последствий некорректных решений по управлению, ограниченным временем на принятие решения, многоструктурностью компонентов и др. [5—7]. Учет перечисленных факторов требует построения сложных математических теорий и больших временных и финансовых затрат на программную реализацию. В то же время эмпирического неформализованного опыта специалистов в конкретной предметной области зачастую достаточно для обеспечения эффективной работы организаций. Это обстоятельство,

с научной точки зрения, определяет возможность применения эвристических моделей и методов, ограниченных сферой применения, однако являющихся сравнительно простыми в проектировании по отношению к аналитическим „аналогам“. В связи с этим, по мнению автора, в основу ИАС должны быть положены принципы и методы, позволяющие за счет формализации моделей осуществлять извлечение и представление знаний специалистов, а также организовывать вычислительный процесс на основе этих знаний. Иначе говоря, разработка современных ИАС и СППР лежит в поле теории искусственного интеллекта (экспертных систем) и касается вопросов формирования баз знаний (БЗ) и баз данных (БД), синтеза решателя и систем общения со специалистом-проектировщиком (инженером по знаниям), с одной стороны, и конечным пользователем, с другой.

**Жизненный цикл разработки и предлагаемая методология проектирования ИАС.** Идея близости теории экспертных систем, методов теории искусственного интеллекта и теории принятия решений, с точки зрения решаемых ими задач, обозначалась в работах специалистов уже несколько десятилетий назад [8, 9]. В „нисходящей“ модели проектирования ППО теория искусственного интеллекта ориентирована на формализацию экспертных знаний, представленных в виде некоторых фактов и правил предметной области, в виде так называемых моделей представлений знаний (МПЗ) и соответствующих языков представления знаний (ЯПЗ). К наиболее известным можно отнести семантические сети, фреймы, продукционные правила, формальные логические модели. Важно отметить результаты исследований А. С. Нариньяни о взаимосвязи модели и алгоритма [10]. Модель, согласно Нариньяни, имеет декларативный (описательный) характер. Алгоритм же, имея процедурный характер, отражает отношения между сущностями модели в контексте решаемых задач. Эти свойства определяют необходимость применения декларативно-процедурных языков, позволяющих всесторонне описывать предметную область в виде совокупности задач, связанных с объектом модели, и их ограничений. Таким образом, Нариньяни предложил модельно-ориентированную методологию проектирования ППО [11]. Одним из важнейших преимуществ модельно-ориентированного подхода является принципиальная способность предложить такую МПЗ и такой ЯПЗ, которые по своим выразительным свойствам обеспечивали бы возможность описывать предметную область и создавать ППО непосредственно эксперту, что позволит избежать ситуации, связанной с наличием человеческого фактора (при диалоге эксперта и программиста в процессе извлечения его знаний).

Попыткой реализовать такую МПЗ стали G-модели, позволяющие проектировать имитационно-аналитические полимодельные комплексы, в основу которых положены обобщенные вычислительные модели, дополненные продукционной эвристикой „если ... , то ... “ [12]. Фундаментальным научным результатом в G-моделях является возможность, используя контекстно-свободные формальные грамматики, синтезировать схемы программ с формализмами раскрашенных сетей Петри. Такие системы позволяют на основе методов теории распознавания образов моделировать параллельные асинхронные вычислительные процессы и обеспечивать свойства инвариантности состояния объекта анализа в предметной области и состояния вычислительного процесса. Однако следует отметить, что теоретический аппарат G-моделей не покрывает в полной мере требования к современным СППР, связанным с СОТО, и процессу их проектирования.

Так как, в конечном счете, СППР представляет собой ППО, важным вопросом является формирование упорядоченной последовательности этапов ЖЦ разработки (проектирования) ППО [13]. При этом внедренную СППР необходимо поддерживать, масштабировать и модифицировать. В этих условиях наибольшего эффекта можно добиться, если этапы ЖЦ проектирования ППО и переходы между ними будут автоматизированы таким образом, чтобы на каждом из этапов можно было выделить формализованные в явном виде знания на машинно-интерпретируемых языках различной степени абстракции, начиная от формализации целей,

задач, требований и описания предметной области и вплоть до схем организации вычислительного процесса. При этом должна быть реализована обратная связь от нижестоящих этапов к вышестоящим для облегчения процессов модификации и масштабирования ППО. В настоящее время при разработке программного обеспечения зачастую используется международный стандарт ISO/IEC 12207 [13, 14].

На основе сформулированных выше положений автором предлагается методология проектирования ИАС, основу которой составляет система взаимосвязанных МПЗ и интегрированный решатель. Система, реализованная таким образом, может быть названа интеллектуальной системой автоматизированного проектирования (ИСАП) ППО. Эта система ориентирована на автоматизацию разработки ППО на всех этапах его ЖЦ для повышения эффективности процесса разработки, обеспечения прогнозируемого уровня качества ППО и результатов его функционирования, обеспечения возможности проектирования и тиражирования комплексных БЗ без специальных навыков в программировании на языках высокого уровня, приближения ЯПЗ к естественным языкам для проектирования в терминах предметной области, автоматического синтеза ППО на основе сформированных для предметной области баз знаний. Основные компоненты ИСАП ППО и их связь с ЖЦ разработки ППО, а также с требованиями к информационно-аналитическим системам и процессу их проектирования представлены в таблице.

**Моделирование предметной области (спецификация требований и архитектуры).**

В основе этапа моделирования предметной области лежит положение о том, что ЖЦ разработки ППО начинается с формирования словаря предметной области [15]. В связи с этим в состав ИСАП ППО включены онтологии как средство концептуализации предметной области; онтологии позволяют аннотировать ее концептуальные модели, т.е. задавать ограничения на создаваемые сущности и их отношения. Это свойство позволяет верифицировать модели в автоматическом режиме с точки зрения их онтологической выразительности [15—17]. В ИСАП ППО используется онтологическая система, позволяющая создавать взаимосвязанную расширяемую систему моделей, описывающих различные аспекты предметной области [18]. Была разработана модификация онтологии верхнего уровня Бунге — Ванда — Вебера (БВВ-онтология, [18]) в которой определены понятия, связанные с формированием концептуальных моделей (см. рисунок).



Этапы жизненного цикла разработки ППО [14]	Компоненты ИСАП ППО	Требования, предъявляемые к ИСАП ППО при проектировании ИАС
<p>Идентификация требований:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— формулирование цели;</li> <li>— оценка требований;</li> <li>— согласование требований;</li> <li>— регистрация требований</li> </ul>	<p>Онтологическая система:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— метаонтология (онтология проектирования информационно-аналитических систем);</li> <li>— предметная онтология;</li> <li>— онтология задач;</li> <li>— прикладная онтология ППО.</li> </ul> <p>МПС о составе и структуре информационных сущностей и акторов (автоматизируемых процессов, интеллектуальных агентов)</p>	<p>Обеспечение наличия formalизованного общего специального словаря (тезауруса) предметной области, ориентированного на однозначно интерпретируемую в ней систему взаимосвязанных понятий.</p> <p>Обеспечение наличия в явном виде дерева целей и задач, связанных с проектированием предметной области</p>
<p>Спецификация требований:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— функциональных;</li> <li>— к интерфейсам;</li> <li>— по ограничениям;</li> <li>— к моделям данных</li> </ul>	<p>Модель представления знаний о:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— бизнес-процессах;</li> <li>— вычислительных задачах;</li> <li>— визуализации (интерфейсов);</li> <li>— сценариях поведения интерфейса;</li> <li>— онтологических запросах</li> </ul> <p>манипулирования данными;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— составе и структуре технических средств;</li> <li>— модели классной доски взаимодействия интеллектуальных агентов.</li> </ul> <p>Алгоритм синтеза онтологии по существующей концептуальной схеме БД.</p> <p>Модель управления распределением вычислительных процессов</p>	<p>Рассмотрение СОТО как динамической системы в силу необходимости оценивания его состояния на протяжении всего ЖЦ.</p> <p>Использование модельно-ориентированного подхода к проектированию ППО.</p> <p>Полимодельное представление СОТО в силу его децентрализованности, неоднородности процессов и информации.</p> <p>Использование методов имитационно-аналитического, структурно-функционального моделирования вычислительных задач в силу невозможности их решения строго аналитически.</p> <p>Использование известных нотаций при проектировании моделей ППО в целях облегчения процесса извлечения и представления знаний экспертов.</p> <p>Обеспечение ИСАП ППО языковыми средствами с визуальной нотацией, позволяющими проектировать модели интерфейсов и витрины данных, ориентированные на представление когнитивного образа объекта предметной области с учетом информационного контекста</p>
<p>Создание архитектуры системы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— определение технических средств;</li> <li>— определение программных средств;</li> <li>— распределение (декомпозиция) компонентов и распределение требований по этим компонентам;</li> <li>— верификация архитектуры</li> </ul>	<p>Интергрированный решатель, основанный на применении формальных грамматик для синтеза схем программ вычислительных задач, сценариев поведения интерфейсов, запросов манипулирования данными, распределения вычислений с формализмами раскрашенных сетей Петри.</p> <p>Интергрированная БЗ</p>	<p>Возможность создания интергрированной БЗ для последующего тиражирования знаний при решении задачи в других предметных областях.</p> <p>Учет характеристик технических компонентов аппаратно-программного комплекса СППР на уровне проектирования моделей вычислительных задач.</p> <p>Возможность проектирования распределенной системы программных компонентов на основе единого модельного представления для децентрализованных СОТО.</p> <p>Возможность взаимодействия ППО с распределенной системой БД.</p> <p>Обеспечение явно определенного порядка взаимодействия программ интерфейса и программ, решающих вычислительные задачи</p>
<p>Реализация ППО: определение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— функций;</li> <li>— интерфейсов;</li> <li>— ограничений;</li> <li>— моделей данных</li> </ul>	<p>Интергрированный решатель, основанный на применении формальных грамматик для синтеза схем программ вычислительных задач, сценариев поведения интерфейсов, запросов манипулирования данными, распределения вычислений с формализмами раскрашенных сетей Петри.</p> <p>Интергрированная БЗ</p>	<p>Возможность синтеза схем БД, схем программ решения вычислительных задач, интерфейсов, запросов манипулирования данными, распределения вычислений.</p> <p>Использование принципа „программирование без программирования“ для автоматического синтеза схем программ ППО.</p> <p>Обеспечение получения результата функционирования в условиях недоопределенной и неполной информации.</p> <p>Нахождение результата анализа состояния СОТО за прогнозируемое время (функционирование исполняющей системы ИСАП в режиме реального времени).</p> <p>Использование принципа управления по данным, потоковым и параллельных вычислений для обеспечения инвариантности состояния объекта анализа, характеризующего естественным параллелизмом, и состояния вычислительного процесса</p>

*Продолжение таблицы*

Этапы жизненного цикла разработки ППО [14]	Компоненты ИСАП ППО	Требования, предъявляемые к ИСАП ППО при проектировании ИАС
Интеграция (комплексирование): — объединение реализованных компонентов в единую систему; — верификация интегрированной системы	Концептуальные модели, сформированные на предыдущих этапах: обеспечение в соответствии с: — МПЗ о составе и структуре информационных сущностей и акторов (автоматизируемых процессов); — МПЗ об онтологических запросах манипулирования данными; — алгоритмом синтеза онтологии по существующей концептуальной схеме БД; — моделью управления распределением вычислительных процессов	Возможность формирования единого информационного пространства на основе взаимосвязанного комплекса структурно-функциональных моделей со свойством интероперабельности, взаимосвязанных понятий словаря предметной области и единой среды проектирования. Возможность моделирования децентрализованных СОТО в едином представлении. Возможность динамического распределения вычислительных процессов по техническим компонентам аппаратно-программного комплекса в соответствии с семантикой задач в предметной области. Обеспечение единого представления гетерогенных информационных ресурсов в предметной области, в частности данных, хранимых в БД. На этапе исполнения возможность адаптации витрин данных к категории ЛПР и условиям решаемых задач в соответствии с принципом управления по данным для упрощения процесса разработки многообразных витрин данных, характеризующих состояния поденств и результаты решения задач, связанных с СОТО
Тестирование: — верификация; — валидация	Табло-алгоритмы проверки на полноту и непротиворечивость формируемых онтологий. Алгоритмы проверки на онтологическую выразительность концептуальных моделей информационных сущностей и акторов, бизнес-процессов. Алгоритмы проверки на полноту, замкнутость и непротиворечивость схем программ вычислительных задач, сценариев поведения интерфейсов, запросов манипулирования данными, распределения вычислений	Ограничение языков представления знаний для проектируемых концептуальных моделей понятиями, введенными в словаре предметной области. Обеспечение корректности и однозначности понятий словаря. Обеспечение автоматизации проверки моделей на полноту, замкнутость и непротиворечивость в целях автоматизации и упрощения этапа тестирования ППО СППР
Документирование: — описание результатов процесса разработки на каждом из этапов ЖЦ	Концептуальные модели, сформированные на предыдущих этапах (частичное обеспечение с помощью ЯПЗ с визуальной нотацией)	Обеспечение возможности автоматического формирования части документации (технических заданий, программ и методик испытаний), связанной с демонстрацией схем архитектуры ППО, моделей взаимодействия с конечным пользователем, моделей решения вычислительных задач, моделей декомпозиции системы технических и программных средств
Установка: — установка ППО на автоматизированных рабочих местах	Исполнительная система ИСАП ППО на автоматизированном рабочем месте	Установка программно-продукта, удовлетворяющего заданным требованиям, в целевую среду применения
Сопровождение ППО	Система взаимосвязанных концептуальных моделей, сформированная на предыдущих этапах, совместно с интегрированной БЗ	Возможность осуществлять перепроектирование без потери производительности и привлечения дополнительных кадровых ресурсов
Прекращение применения ППО	—	—

В состав ИСАП ППО входят следующие модели представления знаний:

— *модель информационных сущностей и акторов* (модели верхнего уровня) — ориентирована на проектирование прикладных моделей, использует в рамках единой модификации нотации UML формализмы проектирования концептуальных схем БД („сущность—связь“), а также представление мультиагентной системы, в основе которой лежит модель интеллектуального агента [19]; проектирование модели информационных сущностей и акторов позволяет в едином представлении явно выделить структуру сущностей в предметной области, автоматизируемые процессы, цели и задачи на основе информации об акторах;

— *модель бизнес-процессов* — использование нотации BPMN позволяет описывать потоковые параллельные асинхронные процессы, представляемые с помощью событий, задач и их взаимосвязей [20]; каждая „дорожка“ BPMN-модели является описанием функционирования интеллектуального агента, с одной стороны, и описанием процесса решения задач, с другой; важным свойством такого представления является согласованное выполнение задач агентами на основе сервис-ориентированной архитектуры;

— *модель вычислительных задач* — используется при заданном ограничении, что любая задача в BPMN-модели является вычислительной в том смысле, что может быть представлена вычислительной моделью в терминах Тьугу; в качестве этой модели использованы G-модели; существенно, что теоретический аппарат G-моделей предполагает возможность синтеза схем программ вычислительных задач с применением р-грамматики.

Таким образом, подобная система взаимосвязанных МПЗ позволяет извлечь и формализовать знания экспертов в различных предметных областях на всех этапах ЖЦ проектирования ППО, что существенно облегчает процесс его разработки, масштабирования и модификации, повышает его качество, точность и достоверность результатов функционирования.

**Заключение.** В результате проведенного исследования требований к задаче информационно-аналитической поддержки ЖЦ организаций и производимых ими изделий, а также методов решения задачи предложена новая методология проектирования ИАС, основанная на применении интеллектуальных технологий. ИСАП ППО, предложенная в качестве решения задачи проектирования ИАС, может быть ориентирована на создание различных автоматизированных систем, относящихся не только к классу ИАС и СППР. Это возможно благодаря фундаментальным научным результатам, расширяемой модульной архитектуре ИСАП ППО, степени выразительности используемых языков представления знаний и многоаспектности системы взаимосвязанных моделей представления знаний. Подобная система взаимосвязанных МПЗ позволяет извлечь и формализовать знания экспертов на всех этапах ЖЦ проектирования ППО. Использование такого подхода позволит также осуществлять интеграцию разнородных данных, формируемых на различных этапах ЖЦ изделий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. What It Means and How to Respond // Foreign Affairs. 2015 [Электронный ресурс]: <[www.foreignaffairs.com](http://www.foreignaffairs.com)>, 16.02.2018.
2. Программа „Цифровая экономика Российской Федерации“. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г., № 1632-р.
3. Концепция формирования и развития единого информационного пространства России и соответствующих государственных информационных ресурсов. Одобрена решением Президента РФ от 23.11.1995. № Пр - 1694.
4. Попов О. Р., Увайсов С. У. CALS. Современные технологии управления жизненным циклом продукта // Тр. Междунар. симпозиума „Надежность и качество“. Пенза: Пензенский гос. ун-т, 2012.
5. Погорелов В. И. Система и ее жизненный цикл: введение в CALS-технологии: Учеб. пособие. СПб: БГТУ „Военмех“, 2010. 182 с.

6. Соловьев И. В. Общие принципы управления сложной организационно-технической системой // Перспективы науки и образования. 2014. № 2 (8). С. 21—27. [Электронный ресурс]: <<https://pnojournal.wordpress.com>>.
7. Охтилев М. Ю., Мустафин Н. Г., Миллер В. Е., Соколов Б. В. Концепция проактивного управления сложными объектами: теоретические и технологические основы // Изв. вузов. Приборостроение. 2014. Т. 57, № 11. С. 7—15.
8. Ларичев О. И. Теория и методы принятий решений: Учебник. М.: Логос, 2000. 296 с.
9. Искусственный интеллект: Справочник. Кн. 2. Модели и методы / Под ред. Д. А. Поспелова. М.: Радио и связь, 1990. 304 с.
10. Нариньяни А. С. Модель или алгоритм: новая парадигма информационной технологии // Информационные технологии. 1997. № 4. С. 17—22.
11. Тьюгу Э. Х. Концептуальное программирование. М.: Наука, 1984. 256 с.
12. Охтилев М. Ю. Основы теории автоматизированного анализа измерительной информации в реальном времени. Синтез системы анализа. СПб: ВИКУ им. А. Ф. Можайского, 1999. 161 с.
13. Орлов С. А., Цилькер Б. Я. Технологии разработки программного обеспечения: Учебник для вузов. СПб: Питер, 2012. 608 с.
14. ISO/IEC 12207:2008. System and Software Engineering — Software Life Cycle Processes. 2008.
15. Коголовский М. Р. Системы доступа к данным, основанные на онтологиях // Программирование. 2012. № 4. С. 55—77.
16. Федоров И. Г. Адаптация онтологии Бунге — Ванда — Вебера к описанию исполняемых моделей бизнес-процессов // Прикладная информатика. 2015. Т. 10, № 4 (58). С. 82—92.
17. Gehlert A., Pfeiffer D., Becker J. The BWV-model as method engineering theory // Proc. of the Amer. Conf. on Information Systems (AMCIS). 2007, Vol. 83 [Электронный ресурс]: <<http://aisel.aisnet.org>>, 29.01.2018.
18. Гаврилова Т. А., Кудрявцев Д. В., Муромцев Д. И. Инженерия знаний. Модели и методы: Учебник. СПб: Изд-во „Лань“, 2016. 324 с.
19. Рыбина Г. В., Паронджанов С. С. Моделирование процессов взаимодействия интеллектуальных агентов в многоагентных системах // Искусственный интеллект и принятие решений. 2008. № 3. С. 3—15.
20. Business Process Model and Notation (BPMN). Version 2.0.2. OMGDocument-Number: formal/2013-12-09 [Электронный ресурс]: <[www.omg.org/spec/BPMN](http://www.omg.org/spec/BPMN)>, 31.10.2017.

**Сведения об авторе**

**Павел Алексеевич Охтилев**

— аспирант; СПИИРАН; лаборатория информационных технологий в системном анализе и моделировании; E-mail: [pavel.oxt@mail.ru](mailto:pavel.oxt@mail.ru)

Поступила в редакцию  
27.08.18 г.

**Ссылка для цитирования:** Охтилев П. А. Интеллектуальный комплекс автоматизированного проектирования систем информационно-аналитической поддержки жизненного цикла сложных объектов // Изв. вузов. Приборостроение. 2018. Т. 61, № 11. С. 963—971.

**INTELLECTUAL COMPLEX FOR AUTOMATED DESIGN OF INFORMATION  
AND ANALYTICAL SYSTEMS SUPPORT OF COMPLEX OBJECTS LIFE CYCLE**

**P. A. Okhtilev**

*St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the RAS,  
199178, St. Petersburg, Russia  
E-mail: [pavel.oxt@mail.ru](mailto:pavel.oxt@mail.ru)*

The problem of automation of information-analytical support of the life cycle of organizations and their products is considered. As a result of the study of requirements and methods for solving the problem, it is proposed to use combined models and methods of the theory of artificial intelligence as the basis for computer-aided design of applied software that solves this problem.



**Keywords:** information-analytical systems, complex objects, life cycle, computer-aided software design, theory of artificial intelligence

#### REFERENCES

1. Schwab K. *The Fourth Industrial Revolution. What It Means and How to Respond*, 2015, www.foreignaffairs.com.
2. *Programma "Tsifrovaya ekonomika Rossiyskoy Federatsii". Utverzhdena rasporyazheniyem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 28 iyulya 2017 g. № 1632-r.* (Program "Digital economy of the Russian Federation". Approved by the Order of the Government of the Russian Federation of July 28, 2017, no. 1632-r). (in Russ.)
3. *Kontsepsiya formirovaniya i razvitiya edinogo informatsionnogo prostranstva Rossii i sootvetstvuyushchikh gosudarstvennykh informatsionnykh resursov. Odobrena resheniyem Prezidenta RF ot 23.11.1995 № Pr-1694* (Concept of Formation and Development of a Common Information Space of Russia and Appropriate State Information Resources. It is Approved by the Decision of the Russian President of 23.11.1995, no. Pr-1694). (in Russ.)
4. Popov O.R., Uvaysov S.U. *Nadezhnost' i kachestvo* (Reliability and Quality), Proceedings of the International Symposium, Penza, 2012, 462 p. (in Russ.)
5. Pogorelov V.I. *Sistema i ee zhiznennyy tsikl: vvedeniye v CALS-tehnologii* (System and Its Life Cycle: Introduction to CALS-technologies), St. Petersburg, 2010, 182 p. ISBN 978-5-855-46-581-5. (in Russ.)
6. Solov'yev I.V. *Perspectives of Science and Education*, 2014, no. 2(8), pp. 21–27, <https://pnojurnal.wordpress.com>, ISSN 2307-2447. (in Russ.)
7. Okhtilev M.Yu., Mustafin N.G., Miller V.E., Sokolov B.V. *Journal of Instrument Engineering*, 2014, no. 11(57), pp. 7–15. (in Russ.)
8. Larichev O.I. *Teoriya i metody prinyatiya resheniy, a takzhe khronika sobyitij v volshebnykh stranakh* (Theory and Methods of Decision-Making, as Well as Chronicle of Events in Magical Countries), Moscow, 2000, 296 p. (in Russ.)
9. Pospelov D.A., ed., *Iskusstvennyy intellekt: Spravochnik. Kn. 2. Modeli i metody* (Artificial Intelligence: Reference book. Book 2. Models and Methods), Moscow, 1990, 304 p. ISBN 5-256-00368-2 (in Russ.)
10. Narin'yani A.S. *Information Technologies* (Informacionnye Tehnologii), 1997, pp. 17–22. (in Russ.)
11. Tyugu E.Kh. *Kontseptual'noye programmirovaniye* (Conceptual Programming), Moscow, 1984, 256 p. (in Russ.)
12. Okhtilev M.Yu. *Osnovy teorii avtomatizirovannogo analiza izmeritel'noy informatsii v real'nom vremeni. Sintez sistemy analiza* (Fundamentals of the Theory of Automated Analysis of Measurement Information in Real Time. Synthesis of Analysis System), St. Petersburg, 1999, 161 p. (in Russ.)
13. Orlov S.A., Tsil'ker B.Ya. *Tekhnologii razrabotki programmogo obespecheniya. Standart tret'yego pokoleniya* (Software Development Technologies. Third Generation Standard), St. Petersburg, 2012, 608 p. ISBN 978-5-459-011 01-2 (in Russ.)
14. *ISO/IEC 12207:2008. System and software engineering, Software life cycle processes.*
15. Kogalovsky M.R. *Programming and Computer Software*, 2012, no. 4(38), pp. 167-182.
16. Fedorov I.G. *Journal of Applied Informatics*, 2015, no. 4(10), pp. 82–92. (in Russ.)
17. Gehlert A., Pfeiffer D., Becker J. *Proceedings Americas Conference on Information Systems (AMCIS)*, 2007, vol. 83, <http://aisel.aisnet.org>.
18. Gavrilova T.A., Kudryavtsev D.V., Muromtsev D.I. *Inzheneriya znaniy. Modeli i metody* (Knowledge Engineering. Models and Methods), St. Petersburg, 2016, 324 p. ISBN 978-5-8114-2128-2 (in Russ.)
19. Rybina G.V., Parondzhanov S.S. *Scientific and Technical Information Processing*, 2008, no. 3, pp. 3–15. (in Russ.)
20. *Business Process Model and Notation (BPMN). Version 2.0.2.* OMGDocument-Number: formal/2013-12-09, [www.omg.org/spec/BPMN](http://www.omg.org/spec/BPMN).

#### Data on author

**Pavel A. Okhtilev**

— Post-Graduate Student; St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the RAS, Laboratory of Information Technologies in Systems Analysis and Modeling; E-mail: [pavel.oxt@mail.ru](mailto:pavel.oxt@mail.ru)

**For citation:** Okhtilev P. A. Intellectual complex for automated design of information and analytical systems support of complex objects life cycle. *Journal of Instrument Engineering*. 2018. Vol. 61, N 11. P. 963—971 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2018-61-11-963-971