

## ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертационную работу Судакова Владимира Анатольевича «Методология унифицированной разработки систем поддержки принятия решений для многокритериальных высокоразмерных задач ракетно-космической отрасли», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации» (информатика, управление и вычислительная техника)**

Диссертационная работа Судакова В.А. посвящена решению актуальной научно-технической проблемы создания методологии унифицированной разработки систем поддержки решений и поддерживающих ее инструментальных средств, позволяющих быстро и с меньшими затратами ресурсов объединить в создаваемых системах весь комплекс существующих методов, настраивать их на решение разнообразных конкретных задач ракетно-космической отрасли. Характерным свойством решаемых задач является высокая размерность векторного критерия и наличие качественных и количественных компонентов. Такие высокоразмерные задачи поддержки принятия решений имеют широкое распространение в наукоемкой ракетно-космической отрасли.

Таким образом, проблема совершенствования процессов разработки систем поддержки принятия решений, которой посвящена рассматриваемая диссертационная работа, в содержательном плане открывает широкие возможности применения современных информационных технологий лицами, принимающими решения, и обеспечивает, тем самым, повышение качества стратегического планирования и оперативного управления, что является чрезвычайно актуально.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения.

**В первой главе** диссертационной работы исследуются существующие методы теории принятия решений. Проанализированы возможности СППР относящие к классу оболочек. Существующие методы решения многокритериальных задач различаются: подходами, с помощью которых задача сводится к однокритериальной (скаляризация векторного критерия) или определяется отношение доминирования альтернатив, различными возможностями работы с разнородными компонентами векторного критерия (числовыми и лексическими), достоинствами и недостатками, зависящими от условий применения метода. Среди рассмотренных методов нет одного доминирующего и выбор

ОТДЕЛ ОТДЕЛ МАИ  
23 10 20 14

метода зависит от предпочтений ЛПР. Но, как показал анализ, проведенный автором, наибольшими возможностями в адекватном учете мнения ЛПР и эффективности его применения, является метод основанный на функции предпочтений (ФП) по сечениям. Он так же является наиболее эффективным по скорости оценки и ранжирования альтернатив при условии, что ФП построена. Серьезным недостатком этого метода является большой объем необходимой аналитической работы ЛПР в процессе построения ФП.

С точки зрения разработки методологии унифицированной разработки СППР наибольший интерес представляют СППР построенные по принципу оболочек. Но многие имеющиеся образцы таких СППР обладают целым рядом недостатков: они, как правило, реализуют какой-либо один метод и в них отсутствует возможность применения различных методов; возможность их настройки на решение какой-либо конкретной многокритериальной задачи связана с большими дополнительными работами по созданию математического, алгоритмического и информационного обеспечения, реализующего такую настройку. Наибольшими возможностями, которые могут быть использованы при создании методологии унифицированной разработки, обладает, по мнению автора, СППР DSS/UTES, а именно: возможностями использования различных методов, возможностями работы с разнородными показателями, возможностями использования наиболее адекватного учета мнения ЛПР в виде ФП, возможностями интеграции модулей для реализации новых методов и подключения источников с альтернативами. Однако и DSS/UTES также свойственные следующие недостатки: трудоемкая процедура построения ФП по сечениям, средства реализации возможностей расширения на базе COM-компонент ориентированы только на платформу Windows.

Исходя из приведенного обзора возможностей применения существующих методов и систем в высокоразмерных задачах и разнородными компонентами векторного критерия, проведенного автором, обоснована необходимость и актуальность разработки новых подходов к созданию алгоритмического и методического обеспечения поддержки решений лишенных (по возможности) указанных недостатков.

**Во второй главе** работы автором разрабатывается и анализируется целый ряд специализированных систем поддержки принятия решений. Решаемые ими задачи являющиеся ресурсоемкими и высокоразмерными: оценка воинских частей в Главном испытательном центре испытаний и управления космическими средствами, ранжирование навигационных приемников ГЛОНАСС по заказу ОАО «Российские Космические Системы», мониторинг муниципальных образований. В СППР требуется применение развитого математического, алгоритмического и информационного обеспечения, позволяющего решать многокритериальные задачи, осуществлять многоуровневую

декомпозицию векторного критерия, для объектов, имеющих иерархическую структуру. Также необходим открытый характер программного обеспечения. Существенные трудозатраты при создании рассмотренных систем связаны с разработкой индивидуального информационного обеспечения. Поэтому важной задачей является разработка универсальной структуры такого обеспечения. Настройки на конкретные задачи поддержки решений ракетно-космической отрасли позволяет осуществлять СППР DSS/UTES. Существенным недостатком СППР DSS/UTES является высокая трудоемкость построения ФП. Поэтому актуальной задачей является разработка более совершенного метода построения ФП.

**В третьей главе** работы создан гибридный метод выявления предпочтений лица, принимающего решения (ЛПР). Он позволяет вводить и редактировать систему ценностей ЛПР для высокоразмерного критерия, учитывать зависимости по предпочтениям. Разработан алгоритм поиска ячеек пространства критериев с целью определения предпочтений на полном множестве альтернатив. Предложен набор правил определения отношения доминирования между областями критериального пространства. Разработан алгоритм анализа графа для определения уровней предпочтений отдельных точек критериального пространства. Гибридный метод, как показано автором, является инвариантным по отношению к предметной области, позволяет решать широкий круг задач ракетно-космической отрасли, связанных с многокритериальной оценкой по высокоразмерному критерию, включающему в свой состав как качественные, так и количественные компоненты. Построение многоуровневого дерева агрегирования, в случае большой размерности векторного критерия, приводит к информационным потерям. Поэтому автором разработан метод минимизации информационных потерь при дискретизации шкал обобщенных показателей. При этом задача рационального разбиения шкалы обобщенного показателя поставлена и решена как задача динамического программирования. Применение метода дискретизации шкал обобщенных показателей в задаче оценки прикладного эффекта космического эксперимента (КЭ), планируемого для поведения на российском сегменте МКС, позволило снизить информационные потери с 28% до 17%.

**В четвертой главе** диссертационной работы автором разработаны принципы проектирования СППР, которые могут использоваться широким кругом разработчиков. Эти принципы позволяют работать с векторным критерием высокой размерности и объединять различные методы теории принятия решений. Автором также разработана унифицированная концептуальная модель реляционной базы данных СППР, инвариантная по отношению к предметной области, позволяющая проводить настройку на конкретную

задачу без изменения структуры базы данных. Разработан каркасный подход к трехуровневой архитектуре программного обеспечения СППР, позволяющий проводить быструю и эффективную адаптацию оболочки СППР к решаемой задаче с учетом предпочтений ЛПР, а также проводить быстрое внедрение СППР с интеграцией в информационную среду предприятий. Автором обоснован набор рекомендаций, обеспечивающих получение качественного программного обеспечения СППР при решении конкретных задач. Разработаны инструментальные средства поддержки процесса управления разработкой СППР, в том числе имитационная модель для получения вероятностно-временных оценок производительности сотрудников занятых в разработке ПО СППР.

**В пятой главе** показана эффективность созданной методологии на примере разработки СППР Космос, которая применялась для ранжирования комических экспериментов проводимых на борту российского сегмента Международной Космической Станции.

**В заключении** рассмотрены основные результаты и приведены выводы по диссертационной работе.

**Научная новизна** работы состоит в следующих полученных научных и практических результатах:

1) разработан гибридный метод, позволяющая выявлять систему ценностей ЛПР по отдельным компонентам высокоразмерного векторного критерия решаемой задачи, с учетом зависимостей по предпочтениям между этими компонентами, новизна которой заключается в двухэтапной процедуре оценки альтернатив во всех точках пространства критериев: 1 этап - определение отношения доминирования между областями критериального пространства качественными методами теории принятия решений (Парето-оптимальность, качественный учет важностей Подиновского, UTES, ЗАПРОС, ОРКЛАСС), 2 этап - применение количественных методов скаляризации векторного критерия внутри области.

2) Предложенный метод алгоритмически и программно реализован в разработанной автором СППР Космос, что позволяет успешно применять его для решения практических задач ранжирования космических экспериментов.

3) Создана последовательность унифицированной разработки систем поддержки принятия многокритериальных решений в задачах ракетно-космической отрасли, которые характеризуются: во-первых, высокой размерностью векторного критерия, во-вторых, тем, что критерии носят как числовой (количественный), так и лексический (качественный)

характер, в-третьих, наличием зависимости по предпочтениям между компонентами векторного критерия.

**Практическая значимость работы** заключается во внедрении разработанных программных решений:

- «СППР Космос», которая решает задачи формирования программ космических экспериментов (КЭ) проводимых на российском сегменте Международной Космической Станции с учетом многоуровневой структуры показателей оценки КЭ,

- «СППР ГЛОНАСС», которая позволяет осуществлять мониторинг иерархических структур при целевом развитии глобальной навигационной системы, в том числе проводить многокритериальную оценку и ранжирование навигационных приемников,

- «Автоматизированная система контроля и управления (АСКУ)», которая позволяет проводить контроль сил и средств космических войск с учетом их иерархической структуры и формировать предложения по управляющим воздействиям, улучшающим значения целевых показателей, указанных сил и средств,

- «СППР DSS/UTES», которая применялась в задачах многокритериальной оценки и выбора полевых позиционных районов размещения ракет;

об универсальности предлагаемого подхода говорит и то, что на базе данной научной концепции унифицированной разработки СППР, создана, не связанная напрямую с ракетно-космической отраслью, «Автоматизированная система мониторинга муниципальных образований АСМ МО», которая позволяет осуществлять мониторинг муниципальных образований по большой иерархии показателей.

**Достоверность и обоснованность полученных результатов** подтверждается корректным применением методов теории принятия решений, теории оптимального планирования и управления, компьютерного моделирования систем.

Количество и уровень публикаций (всего 34 публикации, 10 из которых - публикации в научных журналах, входящих в список ВАК РФ, 2 монографии, 2 авторских свидетельства на программу для ЭВМ), апробации работы соответствуют уровню докторской диссертации. Автореферат соответствует содержанию работы.

При рассмотрении работы выявлены следующие недостатки:

- 1) Целью диссертации является «создание методологии унифицированной разработки систем поддержки принятия многокритериальных решений в высокоразмерных задачах ракетно-космической отрасли и инструментальных средств поддержки этой методологии». В соответствии с общепринятым представлением - методология (в науке и технике) является (взаимосвязанной) совокупностью методов, применяемых в какой-либо науке (см. например, «Словарь иностранных слов», М., изд.

«Русский язык», 1988 г.). В соответствии с этим разработанная автором последовательность унифицированной разработки систем поддержки принятия многокритериальных решений в задачах ракетно-космической отрасли, в полной мере, назвать «методологией» не представляется возможным.

2) В диссертационной работе не учитывается влияние точности исходных данных на оценки, полученные с помощью СППР.

3) Исследования, проведенные в диссертации, были более полными, если бы учитывались не только текущие значения параметров, коэффициентов и весов, но и их прогноз на определенный период времени. Это позволило бы ЛПР принимать более обоснованные решения. Однако данное замечание целесообразно рассматривать в качестве одного из направлений совершенствования разработанного автором подхода.

Вместе с тем, перечисленные недостатки, в целом, не снижают общую положительную оценку диссертационной работы.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне, соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённому постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор - Судаков Владимир Анатольевич, заслуживает присвоения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» (информатика, управление и вычислительная техника).

Официальный оппонент,  
начальник научно-технического отделения,  
заместитель главного конструктора ОАО «ЦНИИАГ»,  
доктор технических наук,  
старший научный сотрудник  
(ОАО «ЦНИИАГ», Россия, 127018, Москва, ул. Советской Армии,  
Д. 5. Тел. (495) 600-63-17. E-mail: [cniiag@cniiag.ru](mailto:cniiag@cniiag.ru))

В.В. Щербинин

Подпись Щербинина В.В. заверяю  
Заместитель Генерального директора  
ОАО «ЦНИИАГ» по персоналу,  
режиму и охране



Н.Н. Лебедчиков