

**ЗАКРЫТОЕ
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ИНСТИТУТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ»**

ул. Кантемировская, д.5,
Санкт-Петербург, 194100
тел. (812) 740-77-07, факс 740-77-08

office@itain.ru

ОКПО 59452298,

ОГРН 1027801538600

ИНН/КПП 7802199182/780201001

10.09.2021 № 1762

На № _____ от _____

Проректору по научной работе
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Московский авиационный
институт (национальный исследовательский
университет)»

Равиковичу Ю.А.

Волоколамское шоссе д. 4

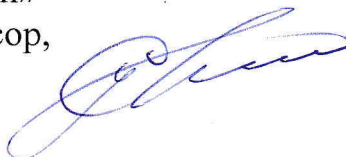
Москва, 125993

Уважаемый Юрий Александрович!

В ответ на Ваше письмо (исх. № 604-10-210 от 23.06.2021) направляю отзыв
Присяжнюка С.П. на диссертационную работу Разумова Дмитрия Анатольевича
«Разработка методики многокритериальной оценки проектов космических
средств и систем», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление,
обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Приложение: отзыв официального оппонента на 8 листах, 2 экз.

Генеральный директор
ЗАО «Институт телекоммуникаций»
доктор технических наук, профессор,
Заслуженный деятель науки



С.П. Присяжнюк

Отдел документационного
обеспечения МАИ

28 09 2021г.

ОТЗЫВ

Официального оппонента **Присяжнюка Сергея Прокофьевича**
на диссертационную работу Разумова Дмитрий Анатольевича
на тему «Разработка методики многокритериальной оценки проектов
космических средств и систем»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.13.01 - «Системный анализ, управление, обработка
информации (авиационная и ракетно-космическая техника)»

В диссертационной работе Разумов Д.А. исследует проблему повышения эффективности принятия решений при многокритериальной оценке пула проектов и мультипроектов Федеральной космической программы, которые, как правило, предполагают создание космических средств и систем с учётом множества критериев оценки. Также рассмотрен ряд иных приложений, связанных с непосредственным многокритериальным анализом в области оценки проектных решений по разработке космических средств и систем от различных производителей.

Автор отмечает, что в научно-технической литературе в области принятия многокритериальных решений создан весомый методологический фундамент, который даёт возможность уйти от вербальных формулировок экспертов к их численным интерпретациям и получать количественные оценки для сравнения альтернатив, что несколько снижает неопределённость в вопросах многокритериального выбора. Общим свойством используемых наработок, является то, что они базируются на субъективизме экспертного мнения. Это обстоятельство предъявляет к лицам, принимающим решение (ЛПР) повышенные требования по вопросам организации и оценки самих экспертных сообществ, особенно, с точки зрения доверия к результатам их деятельности. Таким образом, проблема снятия неопределённости через формализацию экспертного мнения сама создаёт в значительной степени следующую неопределённость, связанную с субъективизмом экспертов. Поэтому разработка методов принятия решений для многокритериального анализа, их реализация на уровне методик и программного обеспечения остаётся **актуальной и востребованной** задачей решения перечисленных проблем.

Разработана методика многокритериальной оценки проектов космических средств и систем на основе нового «метода уверенных суждений», которая не использует искусственных приемов, направленных на формализацию задачи за счет отыскания якобы адекватного ей единственного способа учета неопределенности, а учитывает все множество таких способов (равновероятных и возможных экспертных мнений). От лица принимающего

решение (ЛПР) лишь требуется отнести каждый частный критерий к той или иной группе важности, задав тем самым конкретную “политику выбора”. Это позволяет ЛПР не зависеть, по крайней мере, на первоначальной стадии осмысления стоящей перед ним задачи принятия решения, от громоздких процедур привлечения экспертов. Задав политику выбора, он получает для каждого рассматриваемого варианта решений две комплексные числовые оценки: жесткий и мягкий рейтинг. Для реализации методики разработано программно-математическое обеспечение (ПМО) системы поддержки принятия решений (СППР) по приоритизации проектов космических средств и систем позволяющее оценивать приоритет проекта как вероятность того, что он окажется в чистом выигрыше при всех возможных равновероятных моделируемых программно экспертных мнениях. На основе предложенной методики решаются практически значимые задачи многокритериальной оценки: приоритизация проектов ФКП, расчёт рисков мультипроектов ФКП, сравнительный анализ космических средств и систем.

Автор определяет цель исследования как повышение эффективности принятия решений при оценке проектов космических средств и систем.

Для достижения указанной цели поставлены и решены следующие научные задачи:

1. Проведён анализ существующих методов многокритериальной оценки.
2. Разработана новая методика многокритериальной оценки/приоритизации проектов космических средств и систем для снижения влияния субъективного фактора и снижения времени принятия решений, основанная на вычислении приоритета проекта как вероятности того, что он окажется в выигрыше при всех возможных моделируемых равновероятных и независимых сочетаниях мнений экспертов, реализуемых на множестве различных вариантов предпочтений критериев оценки.
3. Для реализации этой методики разработано программно-математическое обеспечение (ПМО) системы поддержки принятия решений.
4. Подтверждена эффективность предлагаемой методики на основе её сравнительного анализа с используемой в настоящее время методикой.
5. На основе методики решаются задачи приоритизации проектов при балансировке портфеля проектов ФКП, оценки рисков мультипроектов программы и задачи сравнительного анализа космических средств и систем.

Диссертация состоит из введения, трёх глав и заключения, содержит 128 страниц, 21 рисунок, 16 таблиц, 1 приложение. Список литературы состоит из 28 наименований.

Во **введении** обоснована актуальность исследования, сформулированы цели работы, дана ее краткая характеристика, структуры работы, рассмотрение научной новизны, практической значимости полученных

результатов, так же приведены основные положения диссертационной работы, выносимые на защиту.

В Главе 1 автором осуществляется сравнительный анализ основных методов многокритериального выбора, обращается внимание на то, что, несмотря на достоинства и широкое применение (они позволяют перейти от расплывчатых вербальных оценок экспертов к числовым значениям), результат интерпретации этих оценок зависит от субъективного мнения экспертов, которое заключается в модели его формализации в каждом методе и носит характер своеобразного «соглашения» между ЛПР и экспертами. Отмечается, что в условиях многоуровневых и многочисленных экспертных групп, как это не редко бывает при оценке сложных больших проектов в космической отрасли, на практике возникают проблемы с обеспечением сходимости мнений экспертов в рамках заданного интервала достоверности и в ограниченные сроки. Поэтому, делается вывод, что разработка методик повышающих эффективность принятия решений при оценке сложных проектов в описанных условиях, является актуальной. В качестве направления исследования выбирается новый метод («метод уверенных суждений»).

Во 2-й Главе осуществляется алгоритмическая и программная реализация методики в виде программно-математического обеспечения (ПМО) системы поддержки принятия решений (СППР). Приводится подробный сравнительный анализ разработанной методики и используемых в настоящее время процедур. Как правило, постановка задачи многокритериального выбора, и её математическая незамкнутость предполагает поиск некоей искусственной процедуры, носящей характер компромисса и направленной на то, чтобы многокритериальную задачу свести к однокритериальной. Таким образом, многокритериальную оценку пытаются свести к поиску якобы «единственного адекватного» ей способа учета неопределенности. В существующих методиках оценки проектов Федеральной космической программы этот компромисс ищут на основе линейной свёртки, оставляя экспертному сообществу определять тем или иным способом важность веса каждого критерия оценки. В предлагаемой методике берут за основу не одну единственную линейную свёртку критериев, а анализируют всё многообразие этих свёрток, моделирующих равновероятные и равновозможные мнения экспертных сообществ. Поэтому сложность практической реализации «метода уверенных суждений» заключалась, среди прочего, в программно-алгоритмической реализации этих свёрток (множества уникальных векторов весов свёрток) теоретически любой мощности и в нахождении способа количественной оценки этой мощности. Необходимость этого была вызвана поиском оптимального решения по сокращению времени расчётов, т.к. при количестве критериев оценки от 15 и

выше она может измеряться часами или даже сутками. Проблемы были успешно решены автором за счёт использования программно-алгоритмической рекурсии и вывода формулы оценки количества возможных равновероятных моделируемых мнений экспертов на основе теоремы из комбинаторной теории.

Многопоточный алгоритм, разработанный автором, позволил исчислять рейтинги проектов параллельно, что снизило на несколько порядков время решения задачи и сделало его приемлемым для принятия решения ЛПР, в том числе в оперативном режиме.

В Главе 3 приводится ряд примеров практической отработки ПМО системы поддержки принятия решений на ряде реальных приложений: расчёта оценки приоритетов проектов Федеральной космической программы (ФКП), расчёта рисков мультипроектов ФКП, сравнительный многокритериальный анализ ракет-носителей сверхтяжёлого класса и др. Также исследованы проблемы нагруженного тестирования ПМО на данных, содержащих большее, чем обычно количество показателей и проектов. Проведённые с помощью новой методики и реализованного программно-математического обеспечения СППР примеры показывают её действенность и эффективность в исследуемых условиях.

В Заключение сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы.

В списке источников представлены библиографические материалы, использованные при работе над диссертационной работой.

Текст диссертации написан квалифицированно, изложен литературно-техническим языком, должным образом оформлен. Материалы изложены логично и аргументировано.

Научная новизна полученных автором диссертации результатов проявляется в следующем:

1. Разработана новая методика поддержки принятия решений ЛПР для многокритериальной оценки проектов космических средств и систем.

2. Для реализации методики разработано программно-математическое обеспечение (ПМО) системы поддержки принятия решений (СППР) по приоритизации проектов космических средств и систем позволяющее оценивать приоритет проекта как вероятность того, что он окажется в чистом выигрыше при всех возможных равновероятных моделируемых программно экспертных мнениях, в основе которого лежат:

- рекурсивная процедура формирования множества различных способов учёта неопределённости экспертного мнения, позволяющая генерировать теоретически любое число уникальных

вариантов распределения весов линейной свёртки для реализации этого множества;

- применение теоремы комбинаторной теории о числе сочетаний с повторениями для оценки мощности этого множества;

- организация параллельных вычислений, в рамках которых на основе этой оценки рейтинги проектов вычисляются параллельно (на различных процессорах в потоках), что позволяет снижать время решения задачи на порядки и делать его приемлемым для принятия оперативных решений;

3. Методика не использует искусственных приемов, направленных на формализацию задачи за счет отыскания якобы адекватного ей единственного способа учета неопределенности, а учитывает все множество таких способов. От ЛПР лишь требуется отнести каждый частный критерий к той или иной группе важности, задав тем самым конкретную (хотя и размытую с позиций количественного сопоставления значимости различных групп важности) «политику выбора». Это позволяет ЛПР не зависеть, по крайней мере, на первоначальной стадии осмысления стоящей перед ним задачи принятия решения, от громоздких процедур привлечения экспертов. Задав политику выбора, он получает для каждого рассматриваемого варианта решений две комплексные числовые оценки: жесткий и мягкий рейтинг.

4. На основе предложенной методики решаются практически значимые задачи многокритериальной оценки: приоритизация проектов ФКП, расчёт рисков мультипроектов ФКП, сравнительный анализ космических средств и систем.

Практическая значимость работы определяется в подтверждении эффективности «метода уверенных суждений» для многокритериальной оценки проектов космических средств и систем на основе разработки алгоритмов, методики и средств исследований (ПМО СППР), которые были использованы в рамках совместных научно-технических работ с АО «ЦНИИмаш» для решения задач:

- приоритизации проектов Федеральной космической программы (ФКП);
- расчёта рисков мультипроектов ФКП;
- сравнения проектов космических средств и систем.

Результаты внедрения „позволили усовершенствовать и повысить качество методического и программно - математического обеспечения процессов разработки материалов по информационно-аналитическому сопровождению проектов изменений Федеральной космической программы России 2016-2025 гг. (ФКП)“, как было отмечено в акте внедрения ОА «ЦНИИмаш».

Методика может использоваться для многокритериальной оценки сложных проектов с большим количеством показателей (национальные проекты, для тендерных оценок, для решения проблем многокритериального выбора в условиях, когда экспертное мнение оказывается за рамками спектра допустимых инструментариев.

Достоверность результатов, полученных в работе, подтверждается корректным использованием современной теории системного анализа и управления, апробированного математического аппарата и подтверждением правильности выбранных решений на основе отработки программно-математического комплекса на реальных данных. Основные результаты диссертации прошли апробацию на научных семинарах на кафедре «Системного анализа и управления» МАИ, в рамках докладов на научно-технических советах в АО «ЦНИИмаш», а также на международных и российских конференциях:

Результаты работы Разумова Д.А. достаточно полно опубликованы в 14 научных трудах, в изданиях из списка ВАК Минобрнауки РФ и в иностранных изданиях, индексируемых в международных базах данных:

- 7 публикаций в изданиях, входящих в Перечень ВАК Минобрнауки РФ («Информация и космос», № 4(11), 2019 г., «Информация и космос» № 2(9) 2019 г; «Вестник НПО им. Лавочкина», № 4(46), 2019 г.; «Труды МАИ», № 100, 2018, «Прикладная информатика», №6(54) 2014 г., «Космонавтика и ракетостроение» - 2 статьи № 2(107), 2019 г), из которых 4 по специальности 05.13.01 («Информация и космос» - 2, «Труды МАИ» - 1, «Прикладная информатика» - 1);

- 2 авторских свидетельства на регистрацию программ для ЭВМ № 2020614916, № 2019619066);

- 1 публикация, входящая в перечень научных журналов, индексируемых в Library of Congress of U.S.A. and is abstracted/indexed in SCOPUS, Google Scholar, ResearchGate, SCImago, eLIBRARY, EBSCO;

- 1 монография;

- 5 публикаций в журналах, индексируемых в РИНЦ, eLibrary и/или в прочих научных журналах и изданиях.

Полученные в диссертационной работе Разумова Д.А. результаты (в частности, методика многокритериальной оценки проектов космических средств и систем) **используется** в учебном процессе кафедры 604.

К диссертационной работе имеются следующие **замечания**:

1. Во второй главе автору следовало бы указать, что предложенная модель показателей оценки может быть расширена или модернизирована, в зависимости от целей исследования.

2. Во второй главе изложена модель построения программно-математического обеспечения системы поддержки принятия решения для реализации заявленной методики, тем не менее, автору следовало бы привести более общую структурную схему реализации программного обеспечения в целом, уделить более детальное внимание анализу отдельных модулей предложенной системы поддержки принятия решений (СППР) их взаимосвязей.

3. Не рассмотрены детально подробности условий и границ применения предлагаемой методики и программного обеспечения системы поддержки принятия решений в целом.

4. В третьей главе приведён ряд примеров расчёта приоритетов проектов Федеральной космической программы, наряду с этим исследуются проблемы сравнительного анализа уже конкретных решений (ГННС) от различных стран – производителей. Не сделано выводов, каким образом соотносится достижение целей работы и этот анализ.

5. В заключении сказано, что методика может использоваться для многокритериальной оценки сложных проектов с большим количеством показателей (национальных проектов, для тендерных оценок, для решения проблем многокритериального выбора в условиях, когда экспертное мнение оказывается за рамками спектра допустимых инструментариев. Тем не менее, не предоставлено достаточных обоснований для таких выводов, а также каких-либо значимых примеров.

Следует отметить, что представленные недостатки не снижают ценности полученных автором результатов.

По данной работе сделано следующее **заключение:**

Диссертация Разумова Д.А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой для решения актуальной проблемы многокритериальной оценки проектов космических средств и систем предложена оригинальная методика и разработаны средства её реализации. Выполненные исследования имеют большое практическое значение как для повышения эффективности принятия решений в ходе отработки Федеральной космической программы, так и для сравнительного анализа космических средств и систем. Работа выполнена на высоком научном уровне, все полученные в ней результаты обоснованы и прошли достаточную апробацию. Работа имеет практическое значение и полностью соответствует требованиям, предъявляемым ВАК при Министерстве образования и науки РФ к кандидатским диссертациям, и паспорту специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации». Основное содержание работы, результаты и выводы достаточно полно изложены в автореферате.

Разумов Д.А, автор представленной диссертационной работы, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации».

Официальный оппонент, генеральный директор
ЗАО «Институт телекоммуникаций»
доктор технических наук, профессор,
Заслуженный деятель науки

«10» сентября 2021 г.



С.П. Присяжнюк

ЗАО «Институт телекоммуникаций»

Адрес: 194100, город Санкт-Петербург, ул. Кантемировская д. 5 кор 5 лит. М

Тел. 8 (812) 740-77-07

e-mail: office@itain.ru

www.itain.ru

Подпись д.т.н., профессора Присяжнюка С.П. заверяю

Начальник отдела кадров ЗАО
«Институт телекоммуникаций»

Т.В. Андреева