



На правах рукописи
УДК 629.783

Болкунов Алексей Игоревич

**НАУЧНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ
ЭФФЕКТИВНОСТИ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ**

Специальность: 2. 3.1
«Системный анализ, управление и обработка информации
(технические науки)»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
доктора технических наук

МОСКВА

2021

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (Московский авиационный институт, МАИ).

Научный консультант –

Малышев Вениамин Васильевич, д.т.н., проф., зав. кафедрой «Системный анализ и управление» МАИ

Официальные оппоненты –

Шапкин Василий Сергеевич, д.т.н., проф., первый заместитель генерального директора ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского»

Бетанов Владимир Вадимович, д.т.н., проф., чл.-корр. РАН, заместитель начальника экспертно-аналитического центра АО «Российские космические системы»

Чеботарёв Виктор Евдокимович, д.т.н., доц., ведущий инженер-конструктор АО «Информационные спутниковые системы»

Ведущая организация –

Некоммерческая организация Ассоциация разработчиков, производителей и потребителей оборудования и приложений на основе глобальных навигационных спутниковых систем «ГЛОНАСС/ГНСС – Форум», 125319, г. Москва, 4-я ул. Восьмого Марта, д. 3


Защита состоится «23» декабря 2021 г. в 14:00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.327.03 в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) по адресу: 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте МАИ по ссылке: https://mai.ru/events/defence/doctor/index.php?ELEMENT_ID=159930.

Автореферат разослан «_____» _____ 2021 г.

Отзывы, заверенные печатью, просим направлять по адресу: 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4, Отдел Ученого и диссертационных советов МАИ.

Ученый секретарь диссертационного совета
24.2.327.03, д.т.н., доцент

 А.В. Старков

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность диссертационной работы определяется следующими факторами.

В настоящее время существует значительное количество задач, требующих для своего решения проведения различных оценок эффективности навигационных спутниковых систем в различных областях применения и для различных этапов их жизненного цикла. К основным типам задач можно отнести проведение мониторинга, контроля и подтверждения характеристик глобальных навигационных спутниковых систем в международных организациях (с обязательным взаимным признанием результатов), проведение сертификации услуг навигационных спутниковых систем в интересах международных потребителей; среднесрочное и долгосрочное стратегическое планирование государственных программ (федеральных целевых программ, государственных программ, национальных программ), оценку эффективности и реализуемости государственных программ, проведение сравнительного анализа различных вариантов создания, развития, функционирования и использования НС и их услуг. Строгая классификация данных задач в настоящее время отсутствует.

Проведение различных оценок эффективности требует наличия научно-методологических основ, обеспечивающих возможность формализации определенного набора критериев, методик их расчета и получения необходимого набора исходных данных для их расчета. Существующие элементы научно-методологических основ оценки эффективности являются фрагментарными, несистемными и обладают значительным количеством недостатков, не позволяющих или ограничивающих их использование при решении задач комплексной оценки эффективности спутниковых навигационных систем (КОЭ НС).

С учетом вышеизложенных проблем задача разработки научно-методологических основ комплексной оценки эффективности навигационных спутниковых систем в настоящее время является крайне актуальной.

Объектом исследования являются навигационные спутниковые системы, главной задачей которых является предоставление различным типам потребителей различных навигационных услуг (услуг координатно-временного и навигационного обеспечения) на различных этапах их жизненного цикла (их создания, развития, функционирования и использования).

Предметом исследования являются научно-методологические основы комплексной оценки эффективности навигационных спутниковых систем, включающие в себя различные подходы, средства, методы оценки и программно-математические комплексы, их реализующие.

Цель диссертационной работы. Данная работа направлена на формирование научно-методологических основ комплексной оценки эффективности навигационных спутниковых систем как взаимоувязанного комплекса различных подходов, средств, методов оценки и программно-математических комплексов, которые позволят решить существующие проблемные вопросы и получить требуемые для решения стоящих задач оценки.

Данная работа развивает традиционные подходы к комплексной оценке эффективности, изложенные в работах Малышева В.В., Лебедева А.А. отдельных авторов RAND Corporation; подходы к оценке экономической эффективности, изложенные в работах Р. Каплана, М. Паленберга, М. Адольфсона, Ф. Сметса, Лысенко В.В., Досикова В.С.; подходы к оценке эффективности нормативной деятельности и нормотвор-

чества, изложенные в работах Сердюкова А.И., Рейтора К.И.; подходы к оценке эффективности систем управления различными процессами создания, развития, функционирования и использования технических и организационно-технических средств и систем, изложенные в работах М. Месаровича, Я. Такахары; методики расчета различных индикаторов и показателей по данному направлению, изложенные в стратегических и программных документах по ФЦП ГЛОНАСС, исследованиях ведущих организаций навигационной отрасли: АО «ЦНИИмаш», АО «ИСС», АО «Российские космические системы», ФГУП «ВНИИФТРИ», ВШЭ, МГУ, МАИ, АО «НТЦ «Интернавигация», Ассоциации «ГЛОНАСС/ГНСС-Форум» и др.

Реализация программно-математических комплексов основана на средах программирования и различных пакетах модулей MatLab, C+, R, Dynare и средствах Microsoft ACCESS.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие **задачи**:

- проведена классификация задач в сфере навигационной деятельности, требующих проведения комплексной оценки эффективности;
- проведена классификация областей проведения оценок, позволяющих провести исчерпывающие оценки по классифицированным задачам;
- предложены пути решения проблемных вопросов в областях проведения оценок или в инструментах, в них использующихся, мешающих процессу построения (или формализации) групп критериев и методик их расчета;
- проведена оценка особенностей комплексной оценки эффективности для каждой области проведения оценок;
- разработана комплексная методология комплексной оценки эффективности;
- проведена комплексная оценка эффективности по различным областям проведения оценок для различных классов задач;
- проведен комплексный анализ результатов и рассмотрены различные варианты их использования, включая возможные и реально использовавшиеся.

Основной задачей и одновременно границей разработанных научно-методологических основ (подходов, средств, методов и критериев) является формализация областей оценок до уровня возможности предоставления исчерпывающих наборов характеристик, получение их оценок, разработка рекомендаций по их использованию, т.е. фактически всего необходимого для решения стоящих задач, требующих комплексной оценки эффективности, до этапа принятия решения лицом, принимающим решение, или до этапа выполнения оптимизационных, аналитических или иных типов операций в случае необходимости их проведения (в данном случае методология представляет исчерпывающий набор исходных данных для их проведения). Классификация и оценка применимости методов анализа, синтеза, оптимизации и др. в данной диссертационной работе не рассматриваются.

Методологией, методами исследования и принципами решения задач являются методы и принципы системного анализа, теории управления, статистической динамики, экономического анализа, нормотворчества, нелинейного программирования, математического и имитационного моделирования систем.

Положения, выносимые на защиту:

1. Разработан комплекс классификаторов:

- классификатор актуальных задач в сфере навигационной деятельности, требующих проведения комплексной оценки эффективности различных аспектов создания, развития, функционирования и использования навигационных систем, позволивший сократить области прове-

- дения оценок до трех: оценка функциональной эффективности, оценка эффективности системы нормативно-правового и нормативно-технического регулирования (включая оценку эффективности международной деятельности), оценка экономической эффективности;
- классификатор областей проведения оценок с применимыми для проведения комплексной оценки эффективности подходами, средствами и методами, позволяющий в соответствии с разработанной методологией и конструктором критериев сформировать оптимальный набор подходов, средств и методов по различным областям оценки для каждой конкретной классифицированной задачи;
2. Разработаны специализированные средства, подходы и методы оценки функциональной эффективности, которые обеспечивают возможность решения задачи оценки функциональной эффективности с использованием эксплуатационных характеристик и разработанного программно-математического комплекса, с помощью которых решены:
- задача сертификации услуг системы ГЛОНАСС в интересах международных потребителей (на примере сертификации базовой услуги);
 - задача проведения мониторинга, контроля и подтверждения характеристик ГНСС в международных организациях с обязательным взаимным признанием результатов;
 - задача проведения сравнительного анализа характеристик различных ГНСС с взаимным признанием, прослеживаемостью и повторяемостью результатов;
3. Разработаны специализированные средства, подходы и методы оценки эффективности системы нормативно-правового и нормативно-технического регулирования, которые обеспечивают возможность решения задачи оценки эффективности системы нормативно-правового и нормативно-технического регулирования с использованием разработанной гармонизированной терминологической базы, логико-информационной модели системы нормативно-правового и нормативно-технического регулирования и разработанного программно-математического комплекса, с помощью которых решены:
- задача проведения мониторинга текущего состояния системы нормативно-правового и нормативно-технического регулирования навигационной деятельности;
 - задача проведения сравнительного анализа различных систем (и вариантов построения) нормативно-правового и нормативно-технического регулирования навигационной деятельности;
 - задача совершенствования национальной системы нормативно-правового и нормативно-технического регулирования навигационной деятельности в целом и различных вариантов ее возможного построения;
4. Разработаны специализированные средства, подходы и методы оценки экономической эффективности, которые обеспечивают возможность более качественного решения задачи оценки экономической эффективности с использованием специально адаптированных для навигационной деятельности экономических моделей (векторных авторегрессионных моделей, динамических стохастических моделей общего равновесия и динамических фактор-

ных моделей в форме пространства состояний) и разработанного программно-математического комплекса, с помощью которых решены:

- задачи среднесрочного и долгосрочного стратегического планирования государственных программ; оценки их эффективности и реализуемости с максимально достоверными и подтверждаемыми экономическими показателями.

Общая применимость комплексной методологии оценки эффективности навигационных систем с использованием разработанных классификаторов, а также с использованием нескольких областей проведения оценок одновременно подтверждается решением задачи выбора сценариев развития системы ГЛОНАСС.

Новизна результатов, проведенных соискателем ученой степени исследований заключается в том, что впервые предложен подход к комплексной оценке навигационных систем для различных этапов их жизненного цикла (создания, развития, функционирования и использования), позволивший сократить области проведения оценок до трех: оценка функциональной эффективности, оценка эффективности системы нормативно-правового и нормативно-технического регулирования, оценка экономической эффективности.

Впервые разработан классификатор областей проведения оценок; применимые для проведения комплексной оценки эффективности специализированные подходы, средства, методы и программно-математические комплексы, их реализующие, позволяющие в соответствии с разработанной методологией и конструктором критериев сформировать оптимальный набор подходов, средств, методов по различным областям оценки для решения каждой конкретной классифицированной актуальной задачи в соответствии с заданными ограничениями.

Практическая значимость. Разработанные научно-методологические основы комплексной оценки эффективности навигационных спутниковых систем использованы при проведении большого количества исследований, касающихся различных аспектов создания, развития, функционирования и использования навигационных спутниковых систем, при разработке ряда научно-технических отчетов, предложений, системных проектов и стратегий развития в АО «ЦНИИмаш». Применимость разработанных научно-методологических основ также подтверждается актами о внедрении от АО «Институт навигации», ФГУП «ВНИИФТРИ», ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». В отдельных случаях разработанные научно-методологические основы существенно упрощают проведение исследований и решение стоящих задач, а в некоторых обеспечивают фактическую возможность их решения.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием современной теории системного анализа, управления, обработки информации и программно-математических комплексов, отображающих реальную (или моделируемую) ситуацию с высокой степенью достоверности, обоснованными допущениями, использованием для расчетов корректных и прослеживаемых исходных данных, подтвержденными результатами оценок и комплексного анализа.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на различных национальных и международных конференциях, в том числе на заседаниях Навигационной панели Международной организации гражданской авиации (NSP ИКАО), на заседаниях рабочих групп по международному мониторингу и разработке стандартов Международного комитета по ГНСС при ООН (МКГ), международных конференциях «Системный анализ, управление и навигация» (Евпатория,

2008-2019 гг.), «Тенденции и гармонизация развития радионавигационного обеспечения» (Москва, 2013-2019 гг.), Мюнхенском саммите по спутниковой навигации (Мюнхен, 2015), научном проблемном семинаре научно-координационного совета федеральной целевой программы «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012 – 2020 годы» (Москва, 2018).

По диссертационной работе получен 1 патент на изобретение - способ оценки эксплуатационных характеристик услуги абсолютной навигации системы ГЛОНАСС [24]; 3 патента находятся на рассмотрении в Роспатенте, получили положительные экспертные заключения: способ оценки экономической эффективности навигационных систем, способ оценки эффективности системы нормативно-правового и нормативно-технического регулирования навигационной деятельности; способ комплексной оценки эффективности навигационных систем с использованием трех областей проведения оценок. Также оформлены авторские свидетельства на используемые программно-математические комплексы [22-23].

Публикации. Основные результаты работы опубликованы в статьях [1-21] журналов, входящих в рекомендованный ВАКом Минобрнауки России перечень изданий, и в ряде других изданий и материалов конференций [25-76]. Публикации в научно-технических отчетах, предложениях, системных проектах и стратегиях развития по теме диссертационной работы в автореферате не приведены, однако их количество более 70.

Структура и объём диссертации. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 199 наименований. Текст работы изложен на 399 машинописных страницах, включает 188 рисунков и 44 таблицы.

2. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, отмечена научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены основные положения диссертационной работы, выносимые на защиту, а также сведения об апробации результатов работы. Описана структура диссертации и дано краткое содержание ее разделов.

Первая глава посвящена постановке задачи, непосредственно разработке и формализации научно-методологических основ комплексной оценки эффективности навигационных систем. В главе приводятся результаты проведенного анализа общесистемных проблемных вопросов и предложения по путям их решения.

Для решения проблемных вопросов разработан комплекс классификаторов: классификатор актуальных задач в сфере навигационной деятельности (основные классы задач приведены на рисунке 1); классификатор областей проведения оценок (включающий три основные области проведения оценки – функциональная эффективность, эффективность системы нормативно-правового и нормативно-технического регулирования навигационной деятельности и эффективности международной деятельности и экономическая эффективность).

Для каждой области проведения оценки для учета при разработке комплексной методологии сформирован и представлен сводный перечень особенностей комплексной оценки эффективности.

Разработанная методология комплексной оценки эффективности навигационных систем предполагает использование трех основных групп критериев, по количеству областей проведения оценки (рисунок 2):

- функциональная эффективность, включая:

- оценку тактико-технических характеристик (ТТХ) навигационных систем из различных документов, включая: оценку из технических заданий; оценку из тактико-технических требований; оценку из интерфейсных контрольных документов;
- оценку по индикаторам и показателям федеральных целевых программ;
- оценку по модельным (номинальным) характеристикам навигационных систем;
- оценку непрямой эффективности;
- оценку с помощью эксплуатационных характеристик;
- эффективность системы нормативно-правового и нормативно-технического регулирования навигационной деятельности и эффективности международной деятельности, включая:
 - мониторинг текущего состояния, мониторинг правоприменения, оценка эффективности научно-исследовательских работ, оценка качества нормативного материала;
 - оценка эффективности системы нормативно-правового и нормативно-технического регулирования навигационной деятельности с помощью экспертных характеристик, включая:
 - общие экспертные оценки, включая: оценку полноты (достаточности) актов нормативно-правового и нормативно-технического регулирования навигационной деятельности (НПТР); оценку используемости (применимости) актов нормативно-правового и нормативно-технического регулирования навигационной деятельности; оценку наличия проблемных вопросов нормативно-правового и нормативно-технического регулирования навигационной деятельности; оценку избыточности актов нормативно-правового и нормативно-технического регулирования навигационной деятельности;
 - расширенные экспертные оценки (предусматривающие оценку соответствия решаемой объектом нормопользования задачи (степени решения целевой задачи) с использованием различных математических моделей системы нормативно-правового и нормативно-технического регулирования);
 - расширенные углубленные экспертные оценки (учитывающие содержание не норм, а их проекций в реальных нормативных документах);
- экономическая эффективность, включая:
 - оценку деятельности конечных потребителей навигационных услуг;
 - оценку рынков навигационных услуг/технологий
 - оценку мероприятий (программ) как инвестиционных проектов;
 - оценку стоимости/затрат в форме технико-экономических обоснований на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы;
 - оценку по индикаторам и показателям федеральных целевых программ;
 - оценку потоковых и капитальных величин с помощью макро- и микро-экономических моделей, включая: оценку бюджетной и коммерче-

ской эффективности; оценку отраслевого влияния навигационных систем.



Рисунок 1 – Классификатор задач в сфере навигационной деятельности, требующих проведения комплексной оценки эффективности



Рисунок 2 – Группы критериев методологии КОЭ НС в соответствии с классификатором областей проведения оценок

Вторая глава посвящена оценке функциональной эффективности навигационных систем.

В главе приведены результаты анализа проблемных вопросов оценки функциональной эффективности навигационных систем, в том числе формализованы все проблемные вопросы оценки функциональной эффективности; проведена оценка применимости существующих подходов, средств и методов; предложен общий подход к оценке функциональной эффективности с помощью эксплуатационных характеристик и разработаны предложения по разработке недостающих элементов подхода.

Переход к оценке функциональной эффективности с помощью эксплуатационных характеристик является основным требованием современных потребителей (или провайдеров систем второго уровня), заинтересованных в предоставлении гарантий качества получаемых услуг навигационных систем, провайдеров услуг навигационных систем, обязанных предоставлять такие гарантии качества и различных национальных и международных организаций, занимающихся оценкой и подтверждением характеристик услуг навигационных систем.

Таким образом, в качестве эксплуатационных характеристик должны использоваться характеристики, признаваемые международным сообществом и применимые для сертификации навигационных систем и услуг на их основе и для оценки, контроля и подтверждения характеристик навигационных систем в рамках международных организаций.

Оценка функциональной эффективности с помощью эксплуатационных характеристик предполагает выполнение следующих процедур:

- описание всех имеющихся или разрабатываемых стандартов эксплуатационных характеристик;
- описание (составление перечня) всех возможных эксплуатационных характеристик услуг навигационных систем;
- формализация (разработка) их определений;
- формализация (разработка) методик их расчета;
- определение источников исходных данных;
- определение методик подтверждения результатов (включая необходимость обеспечения прослеживаемости и повторяемости результатов);
- выбор наборов эксплуатационных характеристик для различных задач оценки функциональной эффективности;
- формализация (разработка) методик сравнения (связи) или перехода к другим видам оценки функциональной эффективности;
- разработка необходимых программно-математических комплексов (ПМК) с учетом всех требований, условий, замечаний и ограничений.

На примере системы ГЛОНАСС общий подход к оценке функциональной эффективности с помощью эксплуатационных характеристик выглядит следующим образом (рисунок 3).

Общая схема эксплуатационных характеристик, используемых для оценки функциональной эффективности, приведена на рисунке 4.

В главе приводятся разработанные методики расчета эксплуатационных характеристик, описаны различные проблемные вопросы, в том числе касающиеся исходных данных, и приведены примеры расчетов. Рассмотренные подходы, средства и методы формализованы в виде документа Стандарт эксплуатационных характеристик услуг открытого доступа системы ГЛОНАСС (СТЭХОС ГЛОНАСС).



Рисунок 3 – Общий подход к оценке функциональной эффективности с помощью эксплуатационных характеристик на примере системы ГЛОНАСС

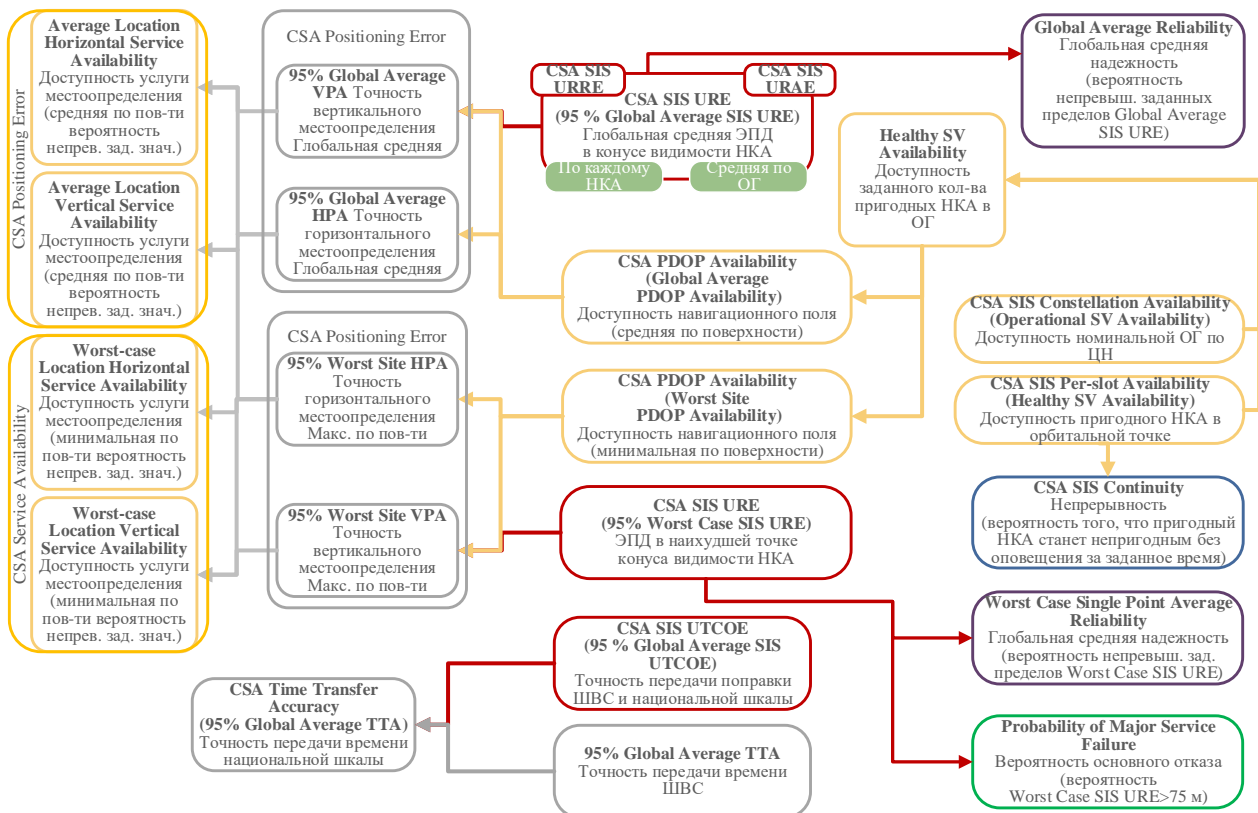


Рисунок 4 – Общая функциональная схема эксплуатационных характеристик

Методика расчета эксплуатационных характеристик СТЭХОС ГЛОНАСС в общем виде выглядит следующим образом:

- оценивают точность CSA SIS UTCOE,
- для оценки точности CSA SIS URE рассчитывают глобальную среднюю точность CSA SIS URE по каждому НКА и средней по ОГ и точность CSA SIS URE в наихудшей точке конуса видимости НКА,

- на основании расчета глобальной средней точности CSA SIS URE по каждому НКА и средней по ОГ рассчитывают точность CSA SIS URRE и точность CSA SIS URAE,
- рассчитывают доступность орбитальной точки CSA SIS (CSA SIS Per-slot Availability) и доступность ОГ CSA SIS (CSA SIS Constellation Availability), далее данные расчеты позволяют определить доступность необходимого количества пригодных для функционирования системы НКА, далее на ее основе рассчитываются доступность навигационного поля CSA (CSA PDOP Availability), как средняя по поверхности и минимальная по поверхности, и непрерывность CSA SIS (CSA SIS Continuity),
- на основании расчета точности CSA SIS URE в наихудшей точке конуса видимости НКА рассчитывают вероятность основного отказа обслуживания (Probability of CSA Major Service Failure),
- рассчитывают точность передачи системной шкалы времени,
- рассчитанная точность CSA SIS UTCOE (точность передачи поправок разницы системной шкалы времени и используемой национальной шкалы) и точность передачи системной шкалы времени оценивают точность передачи времени CSA Time transfer accuracy (погрешность передачи национальной шкалы времени),
- на основе расчета глобальной средней точности CSA SIS URE, точности CSA SIS URE в наихудшей точке конуса видимости НКА и доступности навигационного поля CSA (CSA PDOP Availability), как средняя по поверхности и минимальная по поверхности, рассчитывают точность местоопределения CSA (CSA Positioning error) и доступность CSA (CSA Service Availability),
- полученные результаты расчетов эксплуатационных характеристик, исчерпывающе описывающих услугу абсолютной навигации сравнивают со значениями, заданными в СЭХ.

На основе полученных оценок глобальной средней точности CSA SIS URE рассчитывают глобальную среднюю надежность системы, как вероятность непревышения CSA SIS URE заданных пределов.

На основании расчета точности CSA SIS URE в наихудшей точке конуса видимости НКА рассчитывают глобальную среднюю надежность, как вероятность непревышения CSA SIS URE в наихудшей точке заданных пределов.

Точность местоопределения CSA (CSA Positioning error) включает в себя следующие составляющие: точность вертикального местоопределения глобальная средняя; точность вертикального местоопределения максимальная по поверхности; точность горизонтального местоопределения глобальная средняя; точность горизонтального местоопределения максимальная по поверхности.

Доступность CSA (CSA Service Availability) включает в себя следующие составляющие: доступности сервиса местоопределения вертикальная средняя; доступности сервиса местоопределения вертикальная минимальная по поверхности; доступности сервиса местоопределения горизонтальная средняя; доступности сервиса местоопределения горизонтальная минимальная по поверхности.

Третья глава посвящена оценке эффективности системы нормативно-правового и нормативно-технического регулирования навигационной деятельности.

В главе приведены результаты анализа проблемных вопросов оценки эффективности системы нормативно-правового и нормативно-технического

регулирования навигационной деятельности (СНПТР), в том числе формализованы все проблемные вопросы оценки функциональной эффективности; проведена оценка применимости существующих подходов, средств и методов; предложен общий подход к оценке эффективности СНПТР и разработаны предложения по разработке недостающих элементов подхода.

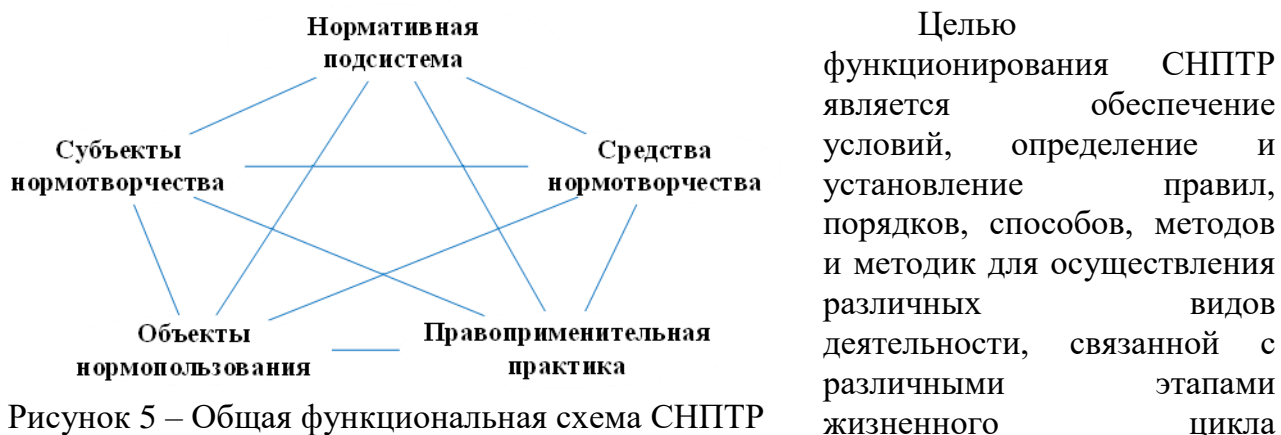


Рисунок 5 – Общая функциональная схема СНПТР навигационных систем. Иными словами, ее целью является определение «правил игры» для участников навигационной деятельности.

Основными элементами системы нормативного регулирования являются: нормативная подсистема; субъекты и средства нормотворчества; правоприменительная практика; объекты нормопользования. К объектам нормопользования относятся в том числе: разработчики и провайдеры услуг навигационных систем; потребители.

Существует огромное количество проблем, связанных с системой нормативного регулирования, в том числе выявленных в данной диссертационной работе. Проблемы можно подразделить на две группы – общеправовые (нестабильность нормативной системы; отсутствие единой концепции классификации и систематизации нормативных актов; недостаточность легально закрепленных критериев классификации актов в общероссийских и международных классификаторах социально-экономической информации; отсутствие аппаратно-программных средств, обеспечивающих автоматизацию нормотворческого процесса) и общепромышленные (диспропорциональность развития нормативной системы; слабость системных связей между актами о системе ГЛОНАСС и актами о других субъектах и объектах навигационной сферы деятельности; отсутствие системного планирования нормотворческой деятельности и надлежащей ее координации между ведомствами; низкий уровень нормотворческого процесса в части терминологического и научного обеспечения; отсутствие мониторинга текущего состояния и мониторинга правоприменения в сфере навигационной деятельности).

Для построения методологии оценки эффективности СНПТР предметная область должна быть формализована и исчерпывающе описана, для чего данные проблемные вопросы должны быть решены или должны быть разработаны механизмы их учета и исключения их влияния при проведении процедур оценки.

Основным элементом нормативной системы является нормативный акт (нормативно-правовой, так и нормативно-технический), в котором определены субъект нормотворчества, объект нормопользования и определена некая норма (правила, порядки, способы, методы и методики для осуществления различных видов навигационной деятельности). Дополнительной сложностью является то, что акты не всегда содержат нормы, а зачастую лишь их проекции (причем созданные в интересах

различных участников), что создает дополнительные сложности при формализации и описании области проведения оценки.

В идеале СНПТР должна быть формализована и описана как система различных связанных гармонизированных норм. Причем эти нормы не обязательно будут явно отражены в форме актов.

Основными показателями, используемыми для оценки эффективности СНПТР являются показатели мониторинга текущего состояния (не требующие специализированных методик расчета) и показатели оценки эффективности с помощью экспертных характеристик.

Учитывая огромное количество действующих нормативных актов в сфере навигационной деятельности (до 10000, с учетом региональных и муниципальных актов), а также существующие проблемные вопросы, для формализации и описания предметной области был разработан терминологический базис и сформированы логико-информационные связи между актами (в форме классификатора актов в сфере навигационной деятельности). Это позволило проводить оценки характеристик мониторинга и перейти непосредственно к разработке методики оценки эффективности СНПТР для оценки экспертных показателей.

Методика оценки эффективности СНПТР применительно к оценке группы «экспертных характеристик» состоит из семи основных этапов.

На первом этапе определяются все возможные комбинации (цепочки) «Объект (комбинация объектов) – основные субъекты нормотворчества - вид деятельности - область применения - сфера деятельности - решаемая целевая задача - используемые в качестве средства или объекта (объектов) навигационные средства и системы, их комбинации - условия применения».

На втором этапе для всех возможных комбинаций формируются наборы нормативно-правовых и нормативно-технических актов, обеспечивающих (создающих, определяющих) условия, определяющих и устанавливающих правила, порядки, способы, методы и методики для осуществления различных видов деятельности объектов нормопользования.

Система нормативно-правового и нормативно-технического регулирования формирует один или несколько наборов нормативно-правовых и нормативно-технических актов (набор актов может быть пустым, может включать в себя один или несколько актов) для любой комбинации из числа сформированных. Наборы нормативно-правовых и нормативно-технических актов для объектов нормопользования группируются в зависимости от их характера (а, фактически – по значимости для объектов нормопользования): рекомендательные; обязательные; опциональные.

Учитывая несовершенство системы нормативно-правового и нормативно-технического регулирования, возможно получение нескольких вариантов наборов нормативно-правовых и нормативно-технических актов, в том числе внутренне (на уровне отдельного акта) или внешне (на уровне набора актов) противоречивых или избыточных.

На третьем этапе проводится анализ актов данных наборов (в том числе с использованием семантического анализа для отдельных актов для оценки качества нормативного материала и наборов актов для оценки наличия противоречий, неточностей и др.).

На четвертом этапе определяются (устанавливаются) минимально необходимые для решения целевых задач объектов нормопользования наборы актов.

Данный этап, к сожалению, требует широкого привлечения экспертных методов и непосредственно экспертов (а в дальнейшем – алгоритмов машинного обучения). Превышение минимально необходимого количества актов говорит о избыточности числа нормативных актов, а также может говорить о наличии проблемных вопросов.

На пятом этапе определяются реально используемые и неиспользуемые акты (по количеству ссылок в иных документах; по количеству замечаний экспертов; по количеству выпущенных редакций; по количеству упоминаний в аналитических материалах).

На шестом этапе оцениваются: полнота (достаточность) нормативных актов (однозначно и исчерпывающе ли представлена норма – для отдельных актов; однозначно и исчерпывающе ли обеспечены (созданы, определены) условия, определены и установлены правила, порядки, способы, методы и методики для осуществления различных видов деятельности объектов нормопользования); используемость (применимость) нормативных актов; наличие проблемных вопросов в нормативных актах; избыточность числа нормативных актов.

Седьмой этап посвящен оценке удовлетворенности объекта нормопользования полученным и примененным для решения целевой задачи набором актов (как степень решения его целевой задачи или, в частном случае, как оценка соответствия данного набора решаемой задаче).

Процедуры третьего, четвертого, пятого, шестого и седьмого этапов используют элементы и результаты мониторинга текущего состояния, мониторинга правоприменения, оценки эффективности научно-исследовательских работ, оценки качества нормативного материала.

Для получения расширенных экспертных оценок необходимо проведение дополнительных действий, включающих в себя оценку управляющих воздействий различного вида, формализующих влияние национальных органов власти на международные организации и наоборот; национальных юридических лиц и граждан, участвующих в разработке и оценке нормативных актов, на национальные органы власти; международных юридических лиц и граждан, участвующих в разработке и оценке нормативных актов, на международные организации; национальных и международных юридических лиц и граждан, участвующих в разработке и оценке нормативных актов; национальных юридических лиц и международных организаций; и международных юридических лиц и национальных органов власти; объектов нормопользования на национальные и международные юридические лица; на национальные органы власти и международные организации.

Системы уравнений, описывающих функции оценки соответствия для каждого акта и набора актов, для всех возможных комбинаций, формируют математическую модель СНПТР (в части нормативной подсистемы). Поскольку при формировании функций оценки соответствия (а также способов и методов построения систем уравнений, их включающих) могут быть использованы различные математические модели, можно говорить о построении математической модели СНПТР, в том числе: как модели (элемента модели) социальной системы; как модели (элемента модели) организационно-технической системы; как модели (элемента модели), использующей аналоги процессов и объектов материального мира; как экономической модели (элемента модели).

Для получения расширенных углубленных экспертных оценок необходимо при разработке вариантов математических моделей СНПТР учитывать также то, что нормативные документы в реальности содержат не нормы, а их проекции.

В главе приводятся разработанные методики оценки характеристик СНПТР, описаны различные проблемные вопросы и приведены примеры расчетов отдельных характеристик. Рассмотренные подходы, средства и методы формализованы в виде ряда программных и плановых документов: Стратегия развития системы нормативно-правового и нормативно-технического регулирования в сфере навигационной деятельности до 2030 года, Программа и План совершенствования нормативно-правового и нормативно-технического регулирования навигационной деятельности на период до 2030 года.

Четвертая глава посвящена оценке экономической эффективности навигационной деятельности.

В главе приведены результаты анализа проблемных вопросов оценки экономической эффективности НС, в том числе формализованы все проблемные вопросы оценки экономической эффективности; проведена оценка применимости существующих подходов, средств и методов; предложена методика оценки экономической эффективности с помощью потоковых и капитальных величин с использованием макро- и микро- экономических моделей.

Проблемные вопросы проведения экономических оценок связаны, в первую очередь с наличием значительной разницы между физическим и экономическим представлением процессов, происходящих в контуре навигационных систем как области народного хозяйства, и, вследствие, разницей в составе анализируемой информации.

Экономические системы и методы их описания значительно отличаются от физических. Невозможность проведения воспроизводимых экспериментов, полностью прозрачного мониторинга процессов, антропогенные онтологии, метрики и системы знаний – это лишь малая часть отличий, создающих новые проблемы для формализации оценки экономической эффективности.

Помимо этого, существующие подходы, средства и методы при решении отдельных экономических задач противоречивы, основаны на разных теоретических и информационных базисах и могут давать различные результаты.

Разработанный базовый подход с оценкой группы потоковых и капитальных величин с использованием специально адаптированных для навигационной деятельности экономических моделей (векторных авторегрессионных моделей, динамических стохастических моделей общего равновесия и динамических факторных моделей в форме пространства состояний) позволяет проводить оценку бюджетной и коммерческой эффективности (с помощью потоковых величин) и оценку отраслевого влияния навигационных систем (с помощью потоковых и капитальных величин).

На примере системы ГЛОНАСС подход формулируется следующим образом.

Система ГЛОНАСС в представлении денежных потоков представлена на рисунке 6. Первый поток (далее используется обозначение П1) – затраты государства на реализацию ФЦП. Вторым потоком (П2) является плата потребителей навигационных товаров/ работ/ услуг их производителям, что в итоге составляет часть выручки соответствующих отраслей и часть валового внутреннего продукта страны. Третьим потоком (П3) работы системы ГЛОНАСС является налоговый поток. Четвертый поток (П4) – плата за услуги иностранных потребителей навигационных услуг иностранным производителям (плата отечественным входит в выручку отечественных производителей даже из-за рубежа). Этот поток относится не к экономике Российской Федерации. Система ГЛОНАСС не имеет селективного

доступа и идентификации для открытых услуг, что делает невозможным определение числа ее пользователей и доли иностранных потребителей. Также в дополнение возникает пятый поток (П5) налогов от иностранных потребителей к иностранным государствам.

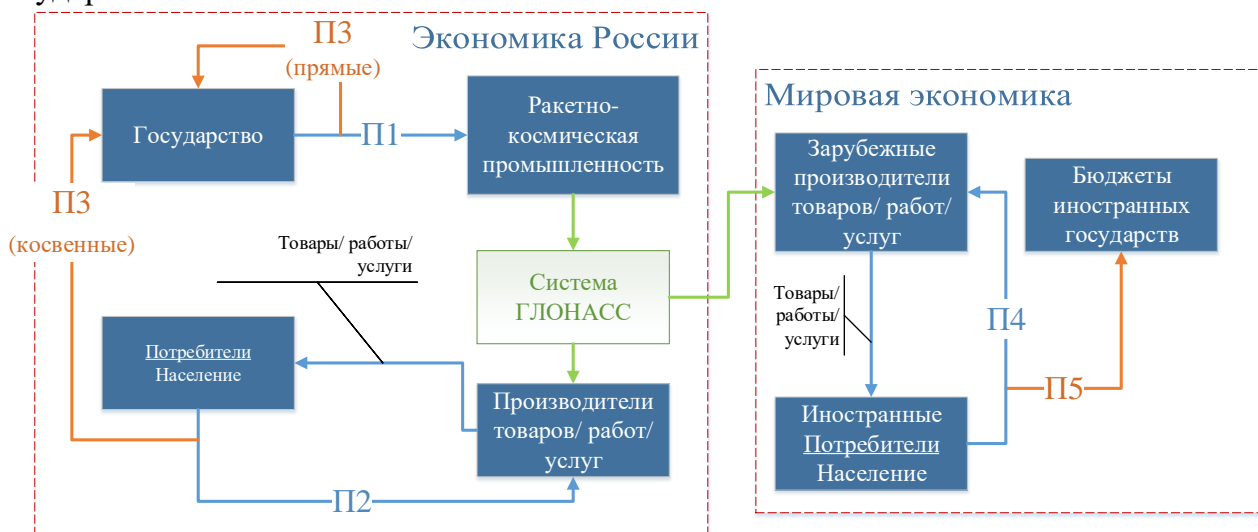


Рисунок 6 – Потокное представление экономической модели системы ГЛОНАСС

Второе представление – в виде капитала – описывает целевые назначения денежных средств (рисунок 7). По сути, капиталовое представление показывает, что деньги были потрачены не впустую, а создали некоторую стоимость. Всего можно выделить четыре вида капитала, присущих системе ГЛОНАСС: физический капитал (К1), человеческий капитал (К2), интеллектуальный капитал (К3), цифровой капитал (К4).

На основе приведенной модели экономики системы ГЛОНАСС появляется возможность построить систему оценки экономической эффективности с помощью макро- и микро- экономических моделей. Предлагаемая система состоит из трех групп оценок, а именно:

1. оценка бюджетной эффективности (BE) – определяет соотношение между затратами на поддержание и развитие системы ГЛОНАСС и продуцируемым ею налоговым потоком;
2. внутристрановая экономическая эффективность (или просто *экономическая эффективность* – EE) – определяет соотношение между затратами и получаемым общим экономическим эффектом внутри Российской Федерации;
3. полная экономическая эффективность (FEE) – определяет соотношение между затратами и получаемым общим экономическим эффектом как в стране, так и за ее пределами.

Предлагаемые группы представляются достаточными для проведения оценки экономической эффективности с помощью макро- и микро- экономических моделей с учетом поставленных задач.

Основой предлагаемой системы оценки являются экономико-математические модели. Данная методология представляется предпочтительной по следующим причинам: имеется строгое теоретическое обоснование для получаемой оценки на основе эконометрики; оценки полностью воспроизводимы с минимальной погрешностью (вызвана использованием статистических методов – параметры

распределений известны и контролируемы); оценки опираются на исходные данные из официальных верифицируемых источников.



Рисунок 7 – Капитальное представление экономической модели системы ГЛОНАСС
 Таблица 1 – Оценка потоковых и капитальных величин – составляющих системы оценки экономической эффективности системы ГЛОНАСС

Показатель	Метод оценки	Используемые конечные показатели
П1	Прямая оценка на основе величины затрат соответствующей ФЦП	Размер затрат на реализацию ФЦП
П2	Динамическая стохастическая модель общего равновесия (DSGE); динамическая факторная модель в форме пространства состояний (DFM-SSM)	Вклад ФЦП в ВВП в постоянных ценах, млрд. руб.; вклад ФЦП в ВВП в текущих ценах, млрд. руб.; вклад в выпуск отрасли, млрд. руб.
П3	Модель оценки налогового потока; DFM-SSM	Налоговые поступления от реализации мер, всего, млрд. руб.; налоговые поступления в Федеральный бюджет, млрд. руб.; налоговые поступления в Региональные и местные бюджеты, млрд. руб.; налоговые поступления в Фонды, млрд. руб.
П4	Метод вектора Шепли	Вклад системы ГЛОНАСС в мировой ВВП, млрд. долл.
К1	Прямая оценка на основе данных ФЦП; DSGE; DFM-SSM	Вклад ФЦП в индекс промышленного производства, п.п.; вклад ФЦП в совокупный размер инвестиций в экономику, млрд. руб.; вклад в основные фонды отрасли, млрд. руб.
К2	DFM-SSM; вспомогательные эконометрические модели	Вклад ФЦП в снижение безработицы, п.п.; вклад в численность занятых по отрасли, чел
К3	Не разработан	—
К4	Общая методология не до конца разработана	—

В рамках описанной системы потоков проще всего оценивается поток П1. Это связано с тем, что по нему собирается прямая статистика, формируемая на основе исполнения законодательства и бюджетной политики. Данная особенность делает оценку точной и верифицируемой, чего будут лишены другие оценки. Оценка П3 является второй по сложности из приведенной системы оценок. Оценка потока П2 является в настоящее время важным достижением проведенных исследований в области оценки эффективности системы ГЛОНАСС. Относительно потока П4 в настоящей диссертационной работе приводится только теоретический подход, который позволил бы его оценить. Показатели К1 и К2 могут быть получены на основе потоков П1-П3. Для оценки показателя К3 в настоящее время не разработана комплексная методология. Однако, оценка показателя К3 возможна, например, в части результатов интеллектуальной деятельности, затратным способом. Для оценки

показателя К4 в экономической науке и прикладном государственном управлении еще нет достаточно проработанной методологии.

В главе приводятся разработанные методики расчета характеристик экономической эффективности с помощью потоковых и капитальных величин с использованием макро- и микро- экономических моделей, описаны различные проблемные вопросы, в том числе касающиеся исходных данных, и приведены примеры расчетов.

Пятая глава посвящена применению разработанных научно-методологических основ для решения текущих и перспективных задач, требующих проведения различных оценок эффективности.

Функциональная эффективность. Разработанные специализированные средства, подходы и методы оценки функциональной эффективности с использованием эксплуатационных характеристик реализованы в виде программно-математического комплекса (ПМК), общая структура которого представлена на рисунке 8.

Решение задачи сертификации услуг системы ГЛОНАСС в интересах международных потребителей. Использование разработанного комплекса в качестве основы комплекса средств сертификации услуг системы ГЛОНАСС позволяет обеспечить сертификацию услуг (на примере сертификации базовой услуги) системы ГЛОНАСС в интересах международных потребителей.

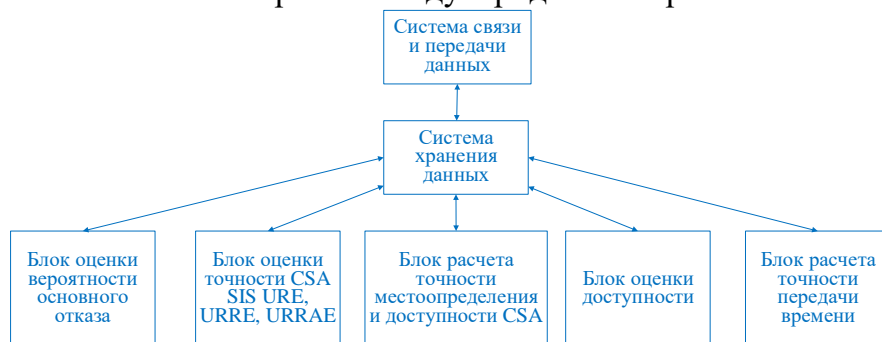


Рисунок 8 – ПМК оценки эксплуатационных характеристик

системы сертификации; обосновано использование подхода к оценке функциональной эффективности с помощью эксплуатационных характеристик в качестве основной методики проведения сертификации.

Фактически, создаваемый в настоящее время комплекс аппаратно-программных и технических средств, решающий задачу сертификации, использует в качестве оцениваемых и подтверждаемых характеристик эксплуатационные характеристики системы ГЛОНАСС и соответствующие методики расчета, заданные в Стандарте эксплуатационных характеристик, разработанные в рамках данной диссертационной работы.

Для задачи сертификации на текущем этапе используют не все характеристики СТЭХОС ГЛОНАСС, а только характеристики точности.

Значения характеристики точность CSA SIS системы ГЛОНАСС являются одной из основных составляющих эквивалентной погрешности дальности (ЭПД).

Существует четыре основные составляющие эксплуатационной характеристики точности сигнала в пространстве:

- точность определения дальности (погрешность псевдодальности за счет космического сегмента — CSA SIS URE);

В рамках выполнения работы была проведена оценка существующих проблем сертификации, определен объект сертификации, предложен подход к сертификации; определен состав

- первая производная по времени от точности определения дальности (скорость изменения погрешность псевдодальности за счет космического сегмента — CSA SIS URRE);
- вторая производная по времени от точности определения дальности (ускорение изменения погрешность псевдодальности за счет космического сегмента — CSA SIS URAE);
- точность передачи смещения UTC(SU)-ШВС (CSA SIS UTCOE).

Значения для каждой из четырех основных составляющих точности сигнала в пространстве определяются в терминах «глобального среднего». В этом случае «глобальное среднее» означает мгновенное среднеквадратическое значение, вычисленное на конкретный момент времени по части поверхности Земли, ограниченной зоной действия одного НКА. Затем по совокупности мгновенных «глобальных средних» значений рассчитывается статистическая характеристика на заданном временном интервале. Большая часть значений эксплуатационных характеристик канала стандартной точности ГЛОНАСС в этом разделе выражены в виде значений, соответствующих 95%-му уровню распределения глобальной средней SIS URE на интервале от 1 до 30 суток. 95%-ный уровень глобального среднего может рассчитываться отдельно по каждому НКА или по всей ОГ.

При оценке пороговых значений SIS URE с заданным уровнем надежности помимо глобальной средней используется оценка SIS URE в наихудшей точке, рассчитываемая как максимальная погрешность SIS URE, определенная на конкретный момент времени на заданном пространстве.

Значения точности сигнала в пространстве канала стандартной точности, определенные в данном разделе, применимы только для пригодных НКА.

Методика расчета характеристики «точность определения дальности» (погрешность псевдодальности за счет космического сегмента — точность CSA SIS URE) включает три составляющих методики расчета погрешности псевдодальности за счет космического сегмента — CSA SIS URE (методика расчета характеристики точность определения дальности на основе перебора потребителей в зоне действия НКА; и на основе погрешностей ЭВИ; методика расчета характеристики пороговой точности определения дальности; методика расчета характеристики надежность точности определения дальности). Пример расчета характеристики «точность определения дальности» на основе перебора потребителей в зоне действия НКА приведен ниже.

На каждый момент времени с постоянным шагом (≤ 10 мин) для каждого пригодного НКА определяется разность апостериорных и штатных эфемерид (по радиусу, по бинормали, по нормали), и часов:

$$\Delta R(SV_h, t), \Delta B(SV_h, t), \Delta N(SV_h, t), \Delta T(SV_h, t), \quad (1)$$

где SV_h — НКА, пригодный по признакам в навигационном сообщении.

На каждый момент времени для каждого пригодного НКА в каждой точке зоны действия ОГ (с постоянным шагом по долготе (1 градус) и переменным шагом по широте для обеспечения равенства площадей) определяются мгновенные погрешности псевдодальности $URE(\varphi, \lambda, SV_h, t)$, для чего разность апостериорных и штатных эфемерид и часов проектируется на направление из точки на НКА.

На каждый момент времени для каждого пригодного НКА определяется средняя (СКП) по его зоне действия мгновенная погрешность псевдодальности:

$$URE_{GlobalAverage}(SV_h, t) = \sigma_{\varphi cov, \lambda cov} [URE(\varphi, \lambda, SV_h, t)] = \sqrt{\frac{\sum_{\varphi cov, \lambda cov} URE(\varphi, \lambda, SV_h, t)}{N_{SitesCov}}}, \quad (2)$$

где $\varphi cov, \lambda cov, N_{SitesCov}$ — широта, долгота, количество точек в зоне действия НКА.

На каждый момент времени для каждого пригодного НКА определяется максимальная в его зоне действия мгновенная ошибка псевдодальности (Worst Case Single Point Average URE):

$$URE_{WorstCase}(SV_h, t) = \max_{\varphi cov, \lambda cov} [URE(\varphi, \lambda, SV_h, t)]. \quad (3)$$

Для каждого пригодного НКА определяется значение, соответствующее 95%-ному уровню распределения $URE_{GlobalAverage}(SV_h, t)$ по времени (**95% Global Average URE**) на эргодическом интервале (30 суток): $URE_{95\%ergod_GlobalAverage}(SV_h)$.

При этом, для подтверждения характеристик целесообразно представлять значения, полученные на «скользящем» эргодическом интервале в течение года. Скользящий интервал — интервал, величина которого больше шага смещения этого интервала при оценке характеристик.

Решение задачи проведения мониторинга, контроля и подтверждения характеристик ГНСС в международных организациях с обязательным взаимным признанием результатов.

Разработанный на базе предложенных подходов к оценке функциональной эффективности с помощью эксплуатационных характеристик СТЭХОС ГЛОНАСС используется в качестве одного из основных элементов для разработки шаблона всех мировых стандартов эксплуатационных характеристик, разрабатываемого в рамках Международного комитета по ГНСС при ООН.

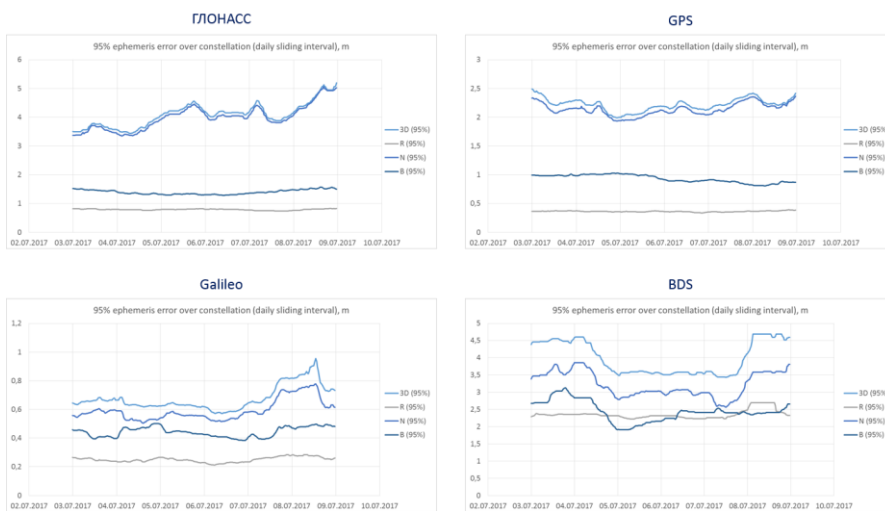
Разработанный ПМК используется при обеспечении участия Российской Федерации в Тестовом проекте по международному мониторингу, контролю и подтверждению характеристик ГНСС (IGMA-IGS Joint Trial Project). Является одним из четырех используемых комплексов. Обеспечивает возможность получения прослеживаемых и повторяемых результатов, поскольку используются формализованные методики расчета характеристик, методики сбора и обработки исходных данных. Примеры результатов расчетов (для оценки точности передаваемых эфемерид) для систем ГЛОНАСС, GPS, Galileo и BDS приведены на рисунке 9 и позволяют говорить о возможности проведения сравнительной оценки различных ГНСС, полученных на едином методическом базисе.

Разработанный ПМК также используется для подтверждения характеристик ГЛОНАСС в международных потребительских организациях. В основном это Международная организация гражданской авиации (ИКАО). ИКАО требует обоснования перечня характеристик и их гарантированных значений (необходимо наличие статистически подтвержденных характеристик, оцениваемых на длительном интервале и утвержденных провайдером СЭХ, что решено разработкой СТЭХОС ГЛОНАСС) и ежегодного предоставления официальных подтверждающих статистических материалов о соответствии характеристик установленным значениям, что реализуется разработанным ПМК.

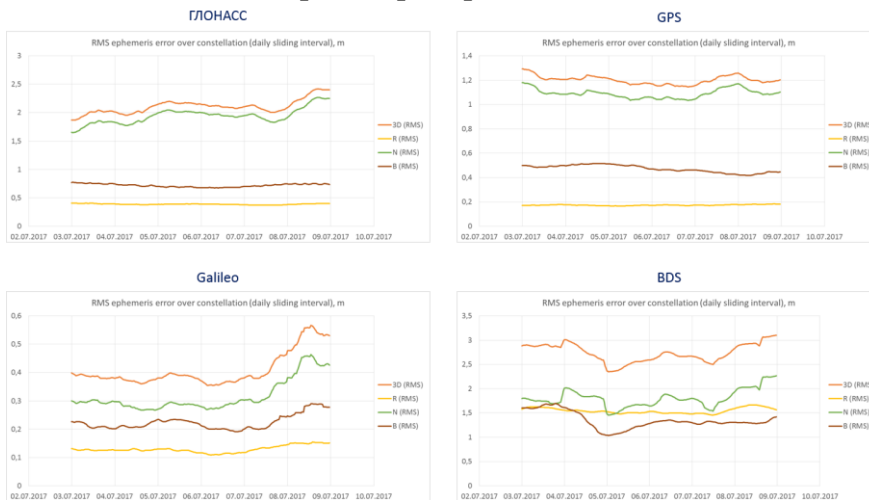
Решение задачи проведения сравнительного анализа различных ГНСС с взаимным признанием, прослеживаемостью и повторяемостью результатов (на примере ГЛОНАСС и GPS).

Данная задача также решается с помощью разработанного ПМК. Примеры отдельных результатов работы приведены на рисунке 10 для оценки точности CSA SIS URE по каждому НКА, 95%.

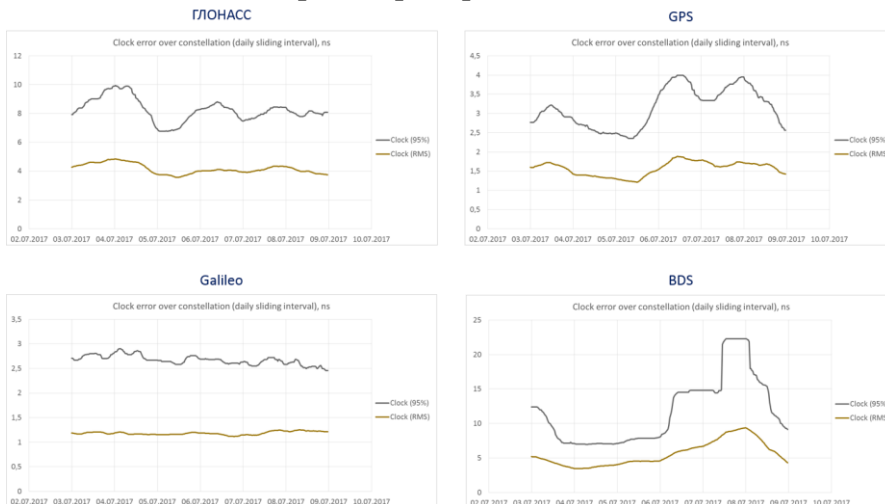
Как отмечалось выше, полученные с помощью разработанной методологии результаты обладают высокой достоверностью, прослеживаемостью и повторяемостью, поэтому могут быть использованы для решения широкого круга задач, а если их дополнить, например, данными по оценке частоты отказов по каждому НКА систем за тот же период (см. рисунок 11), становится возможным проведение детального



Параметры орбит, 95%

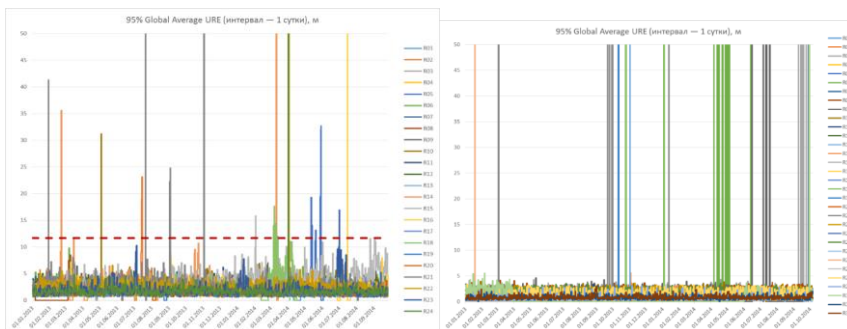


Параметры орбит, RMS

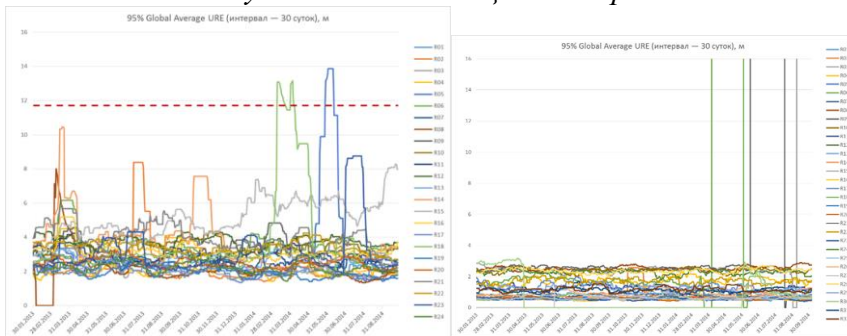


Параметры шкалы времени, для 95% и RMS

Рисунок 9 – Оценка точности передаваемых эфемерид для систем ГЛОНАСС, GPS, Galileo и BDS
анализа зависимостей поведения различных характеристик от состояния аппаратно-программных и технических систем НКА.



На суточном скользящем интервале



На месячном скользящем интервале

Рисунок 10 – Оценка точности CSA SIS URE по каждому НКА для систем ГЛОНАСС (слева) и GPS (справа)

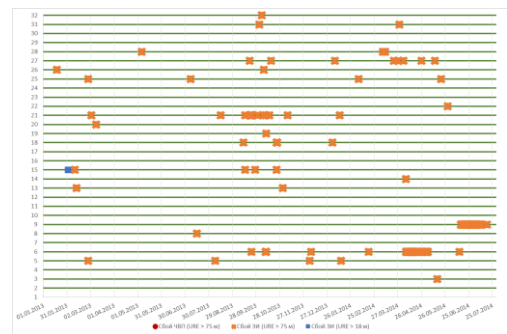
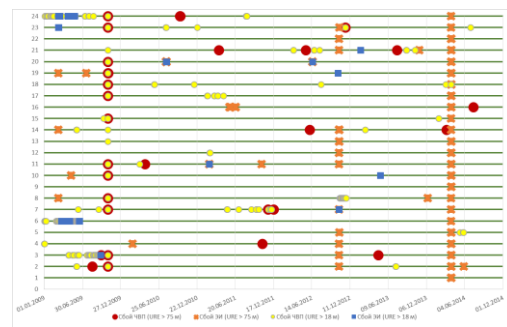


Рисунок 11 – Оценка частоты отказов по каждому НКА для систем ГЛОНАСС (сверху) и GPS (снизу)

Эффективность системы нормативно-правового и нормативно-технического регулирования навигационной деятельности. Разработанные специализированные средства, подходы и методы оценки эффективности СНПТР с использованием разработанной гармонизированной терминологической базы, логико-информационной модели СНПТР реализованы в виде программно-математического комплекса, общая структура которого представлена на рисунке 12.



Рисунок 12 – ПМК СНПТР

Решение задачи мониторинга текущего состояния СНПТР. Следует отметить, что несмотря на значительное количество существующих средств и систем, которые могут быть использованы для подобного мониторинга, только использование предложенного

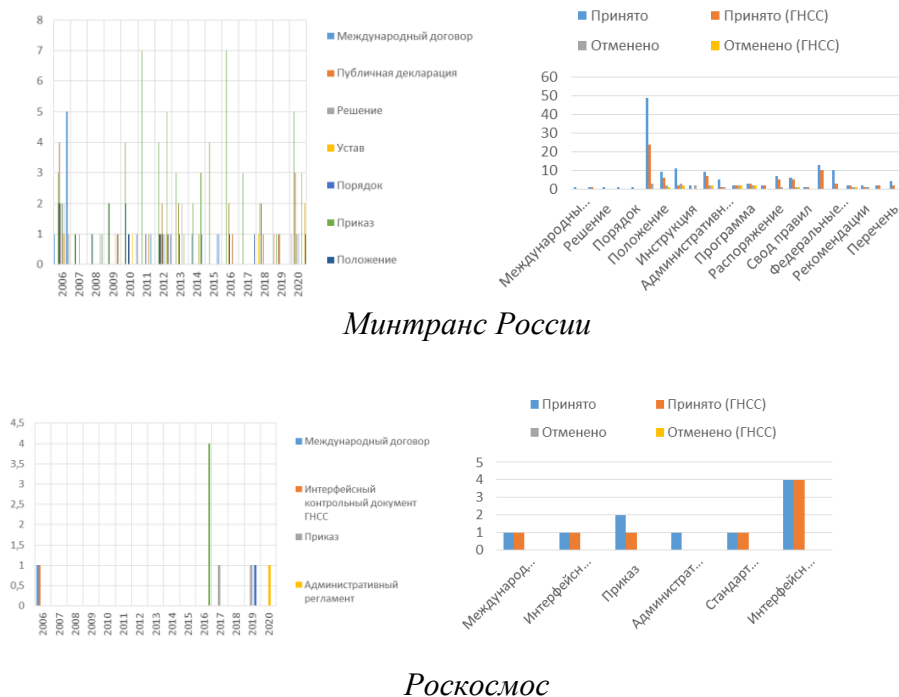
терминологического базиса, логико-информационной модели СНПТР и ПМК на их основе позволяет говорить о достоверном выявлении проблемных вопросов в рассматриваемой области (касающихся в данном случае системы ГЛОНАСС), таких как:

- наличие диспропорций в системе нормативного регулирования, выражающееся в том, что многие сегменты не регламентированы в достаточной степени, особенно в сравнении со сферой транспорта;
- основная нагрузка лежит на подзаконных актах, а не федеральных законах;
- недостаточное обеспечение системных связей между нормативными документами о ГЛОНАСС и актами о других сегментах, таких как геодезия, картогра-

фия, гражданская авиация, измерение времени, связь и информационные технологии;

- отсутствие эффективной координации нормотворческой деятельности в сфере навигационной деятельности на всех уровнях власти и, в первую очередь, между федеральными органами исполнительной власти;
- несоблюдение некоторых требований законодательства о техническом регулировании и об обеспечении единства измерений при принятии нормативно-правовых и нормативно-технических актов;
- отсутствие единых технических требований к навигационной аппаратуре потребителя различных навигационных услуг системы ГЛОНАСС

Для задач мониторинга могут применяться не только отдельные характеристики, но и различные варианты их комбинаций. В качестве примера такой комбинации можно привести сравнительную оценку динамики (изменения количества) действующих, принятых и отмененных нормативных актов двух основных участников навигационной деятельности - Министерства транспорта Российской Федерации и государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» (рисунок 13).



Минтранс России

Роскосмос

Рисунок 13 – Оценка текущего состояния нормативных актов Минтранса и Роскосмоса

Для близких систем (например, для стран-участников СНГ) проведение сравнительного анализа возможно уже сейчас.

Решение задачи совершенствования национальной СНПТР в целом и оценки различных вариантов ее возможного построения. Данная задача фактически содержит две: анализ отдельных критических нормативных актов и анализ эффективности нормативно-правовой и нормативно-технической деятельности федеральных органов исполнительной власти и др. ведомств и организаций.

Для решения первой задачи ПМК позволяет (например, для ключевого федерального закона «О навигационной деятельности» проводить анализ: количества изменений и критических замечаний по этим изменениям; числа подзаконных актов, выпущенных во исполнение этих изменений различными ФОИВ; роста объема

Решение задачи проведения сравнительного анализа различных СНПТР (и вариантов их построения). Решение такого класса задач возможно, т.к. в части навигационной деятельности в данные системы заложены сходные (практически одинаковые) нормы. Для

полномочий ФОИВ в привязке к этим изменениям; количества эффективно внедренных навигационных (транспортных и иных) средств, систем и технологий в тот же период (по системам «ЭРА ГЛОНАСС», Платон, Умный город и др.); внедрения в муниципальных, региональных и федеральных организациях; количества региональных навигационно-информационных систем и др., то есть фактически позволяет получать обоснованные выводы о его полноте (достаточности) (отсутствии «пробелов» в акте); используемости (применимости) норм акта (отсутствии «мертвых» норм); наличии проблемных вопросов в нормативном акте (в том числе отсутствие коррупциогенных факторов).

Решение второй можно проиллюстрировать на примере Минтранса России (на рисунке 14 представлена зависимость количества рассмотренных судебных и административных дел в отношении актов данного ФОИВ в сравнении с общим количеством принятых ведомством актов).



Рисунок 14 – Оценка зависимости количества рассмотренных судебных и административных дел в отношении актов Минтранса России в сравнении с общим количеством принятых ведомством актов

нормативно-правовому регулированию реализуются с хорошей скоростью); однако в целом принимается, как представляется, избыточное число нормативных актов, к качеству которых возникает немало вопросов. «Инфляционная» составляющая нормотворчества данного ведомства может создавать существенные неудобства для адресатов установленных им норм в практике их применения.

В данном случае можно сделать вывод о том, что Минтранс обладает высокой оперативностью нормотворческой деятельности (полномочия по нормативно-техническому и

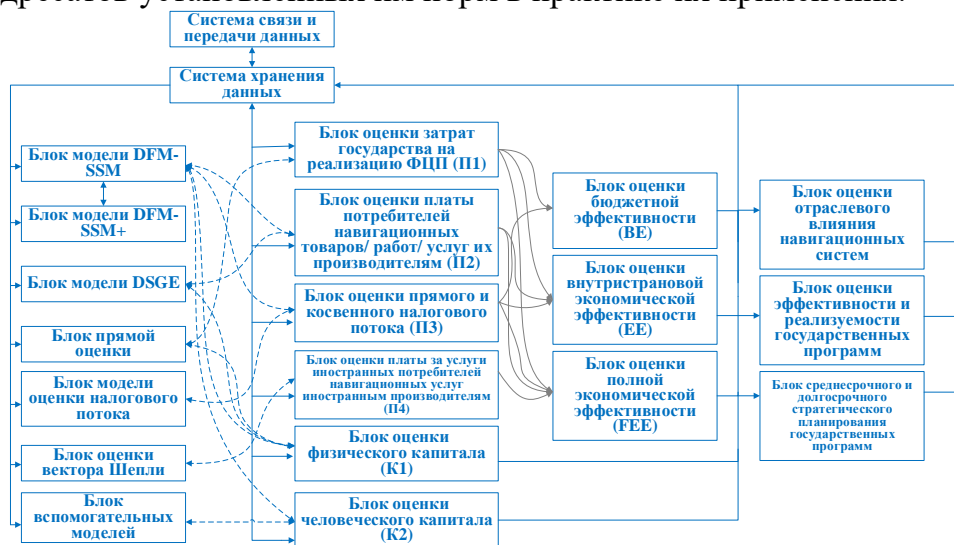


Рисунок 15 – ПМК оценки экономической эффективности

экономических моделей (векторных авторегрессионных моделей, динамических стохастических моделей общего равновесия и динамических факторных моде-

Экономическая эффективность. Разработанные специализированные средства, подходы и методы оценки экономической эффективности с использованием специально адаптированных для навигационной дея-

лей в форме пространства состояний) реализованы в виде программно-математического комплекса, общая структура которого представлена на рисунке 15.

Задача среднесрочного и долгосрочного стратегического планирования государственных программ. Решение данной задачи с использованием разработанного ПМК показано на примере выбора сценария ресурсного обеспечения ФЦП для системы ГЛОНАСС (ФЦП «Поддержание и развитие системы ГЛОНАСС на период 2021-2030 гг.» или соответствующего подраздела Государственной программы по космической деятельности). Здесь следует отметить, что на момент проведения исследований по отдельным направлениям не было принято окончательного решения о форме дальнейшего государственного финансирования по системе ГЛОНАСС. Рассматривались два варианта: отдельная федеральная целевая программа (ФЦП «Поддержание и развитие системы ГЛОНАСС на период 2021-2030 гг.» - ФПЦ 2030) или подпрограмма в государственной программе по космической деятельности Российской Федерации. В настоящее время такое решение принято и дальнейшее государственное финансирование ведется в рамках Подпрограммы «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС» на период 2021-2030 годы государственной программы «Космическая деятельность России». На результаты проведенных исследований данное решение влияния не оказывает. Рассматривались три сценария: базовый сценарий, консервативный сценарий и критический сценарий (соответствует актуальным конъюнктурным условиям развития и стрессовому сценарию ЦБ РФ). Основные результаты оценки экономической эффективности для различных сценариев приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Итоговая оценка экономической эффективности системы ГЛОНАСС

Показатель	Сценарий финансирования ФЦП ГЛОНАСС 2030		
	Базовый (актуальный)	Инерционный	Форсированный
Величина П1: совокупные затраты, млрд. руб.	1038.50	623.69	1134.60
Величина ПЗ _{фед.} : совокупный налоговый поток в федеральный бюджет, млрд. руб.	2 056.72	1972.72	2076.18
Соотношение ВЕ _{фед.}	1.980	3.163	1.830
Величина ПЗ: совокупный налоговый поток в бюджетную систему, млрд. руб.	3366.31	3228.87	3398.15
Соотношение ВЕ	3.241	5.177	2.995
Величина П2: потенциальный вклад в выпуск отраслей, млрд. руб. ¹	9255.28	9255.28	9255.28
Потенциальный вклад для инвестиций в отрасли, млрд. руб.	1418.03	1418.03	1418.03
Совокупный вклад, млрд. руб.	10673.31	10673.31	10673.31
Соотношение ЕЕ	10.28	17.11	9.41
Потенциальный вклад в ВВП страны, млрд. руб.	11539.13	8828.78	12282.14
Соотношение величины П1 и потенциального вклада в ВВП	11.11	14.16	10.83

Все приведенные сценарии финансирования ФЦП ГЛОНАСС 2030 имеют положительные соотношения эффективности (ВЕ, ЕЕ, соотношение затрат и вклада в ВВП). Таким образом, в любом из сценариев финансирования ожидаемый положительный экономический эффект будет выше, чем затраты, понесенные на реализацию мероприятий по поддержанию и развитию системы ГЛОНАСС.

При возрастании общей суммы финансирования ФЦП наблюдается снижение показателей эффективности, что может на первый взгляд показаться алогичным. Ошибки нет, и у наблюдаемого эффекта есть несколько обоснованных причин. Преж-

¹ В данном и соседних столбцах приведены одинаковые данные в связи с тем, что данные выводы DFM-SSM модели не поддерживают сценарные прогнозы. Приведенные результаты следует рассматривать как усредненный сценарий (соответствует базовому)

де всего, наиболее инновационные (и наиболее затратные) в технической составляющей сценарии являются наиболее неопределенными для оценки экономических эффектов. Вероятность того, что разработка и внедрение новой технологии обернется неудачей всегда достаточно высока, и даже в случае успеха ее внедрение в экономические процессы может занять значительное время до получения значимого экономического эффекта. В связи с подобной неопределенностью, используемые модели не учитывают подобные эффекты, в связи с чем оценка положительных потоков (П2 и П3) не несет в себе всех потенциально возможных эффектов от внедрения инноваций, и данное допущение представляется обоснованным.

Помимо этого, данные эффекты являются обычной практикой при анализе капитальных активов с длительным сроком использования (к каким относится и система ГЛОНАСС). Накопленный капитал для подобных активов сам по себе является достаточно инертным, что позволяет получать положительный экономический эффект от его использования в течение нескольких десятков лет без дополнительных вложений и модернизации. Актив будет продолжать демонстрировать высокие экономические и финансовые показатели (как в случае с инерционным сценарием), однако в определенный момент физический износ полностью выведет его из хозяйственного оборота, либо появление инновационного конкурента обрушит спрос на актив.

Из-за наличия подобных эффектов при выборе альтернатив развития следует использовать комплексный подход к оценке эффективности, включающий как экономическую, так и техническую составляющие.

Таким образом, при анализе полученных оценок экономической эффективности следует придерживаться следующей интерпретации. Несмотря на то, что наиболее эффективным с точки зрения экономических показателей является инерционный сценарий, предусматривающий минимальные затраты, итоговый выбор следует делать между базовым и форсированным сценариями, используя другие виды оценок эффективности (в данном случае – функциональной эффективности), что позволит получить положительный экономический эффект в будущем и сохранить актуальность системы ГЛОНАСС.

Задача оценки эффективности и реализуемости государственных программ с максимально достоверными и подтверждаемыми экономическими показателями. Решение данной задачи показано на примере системы ГЛОНАСС и ФЦП ГЛОНАСС.

Результаты оценки влияния вложений в развитие системы ГЛОНАСС на основные макроэкономические показатели за период 2014-2020 гг., рассчитанные с помощью разработанного ПМК представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Вклад системы ГЛОНАСС в динамику основных макроэкономических переменных

Макроэкономические индикаторы	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Среднее значение за период реализации ФЦП ГЛОНАСС
Темпы роста ВВП, б.п.	1,74	3,13	3,60	2,77	2,39	2,33	2,5	2,70
Темпы роста инвестиционной активности, б.п.	0,97	0,65	1,20	3,52	6,18	8,63	10,18	4,42
Темпы роста промышленного производства, б.п.	2,84	4,77	5,72	4,83	4,23	3,98	4,06	4,43
Уровень занятости, б.п.	5,03	8,59	10,52	9,15	8,09	7,45	7,32	8,16
Уровень инфляции, б.п.	0,11	0,21	0,26	0,21	0,19	0,01	0,03	0,16

**Прогнозное значение, рассчитанное на основе DSGE-модели*

Увеличение объемов промышленного производства вследствие реализации ФЦП ГЛОНАСС ведет к росту налогооблагаемой базы налога на прибыль и НДС, а более высокий уровень занятости обеспечивает более высокий уровень социальных отчислений. Таким образом, ФЦП ГЛОНАСС генерирует доходный поток для бюджетов различных уровней. Наиболее существенный объем сборов приходится на долю федерального бюджета – около 61,12% от общего налогового эффекта реализации ФЦП ГЛОНАСС. Взносы на социальное страхование, направляемые в соответствующие фонды, занимают в структуре генерируемого Программой налогового потока 24,1%, а отчисления в региональные бюджеты – 14,7%. Оценка генерируемых системой ГЛОНАСС налоговых поступлений в бюджеты различных уровней приведена на рисунке 16.

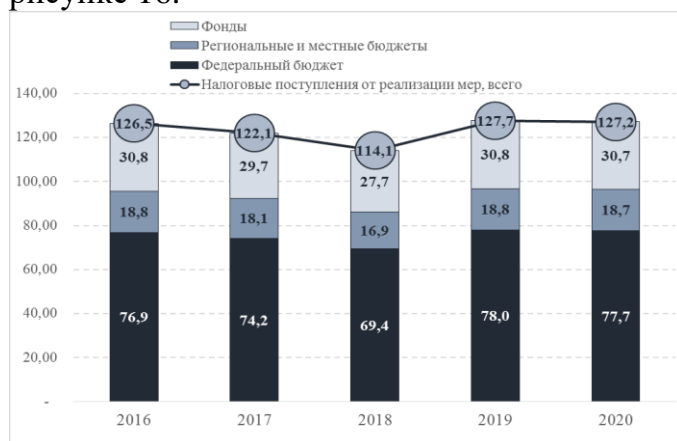


Рисунок 16 – Оценка генерируемых системой ГЛОНАСС налоговых поступлений в бюджеты различных уровней (без учета налоговых поступлений от отраслей экономики, на которые оказывает влияние ФЦП ГЛОНАСС)

Общую активную роль в формировании устойчивого доходного потока в бюджеты различного уровня и фонды социального страхования играют отрасли экономики, на развитие которых оказывает влияние развитие системы ГЛОНАСС. Рост экономики и улучшение показателей рынка труда, в свою очередь, ведут к формированию устойчивого доходного потока в бюджеты различного уровня и фонды социального страхования.

Задача выбора сценариев развития системы ГЛОНАСС. Решение данной задачи подтверждает общую применимость комплексной методологии оценки эффективности НС с использованием разработанных классификаторов, с использованием нескольких областей проведения оценок одновременно и с использованием конструктора критериев.

Конструктор критериев включает в себя матрицу областей проведения оценки, типов и подтипов оценки разного уровня, характеристик (индикаторов и показателей), им соответствующих. Для каждой такой характеристики определены типы методик расчета, типы связи с другими характеристиками, возможность расширения (расширенного использования), тип исходных данных, тип получаемых результатов оценки, потребители результатов оценки и возможные применения результатов оценки (задачи, которые с их помощью можно решить или упростить). Общая схема структуры ПМК конструктора критериев приведена на рисунке 17.

Общий объем налоговых поступлений от реализации ФЦП ГЛОНАСС (включая налоговые поступления от отраслей экономики, на развитие которых оказывает влияние развитие системы ГЛОНАСС) в 2020 году оценивается в 127,2 млрд. руб. Из них в федеральный бюджет зачисляется 77,7 млрд. руб., в региональные бюджеты – 18,7 млрд. рублей, взносы на социальное страхование составляют 30,7 млрд. руб.

Таким образом, реализация ФЦП ГЛОНАСС оказывает стимулирующее воздействие на темпы экономического роста, динамику промышленного производства и инвестиционную активность, а также позволяет добиться устойчивого увеличения уровня занятости.

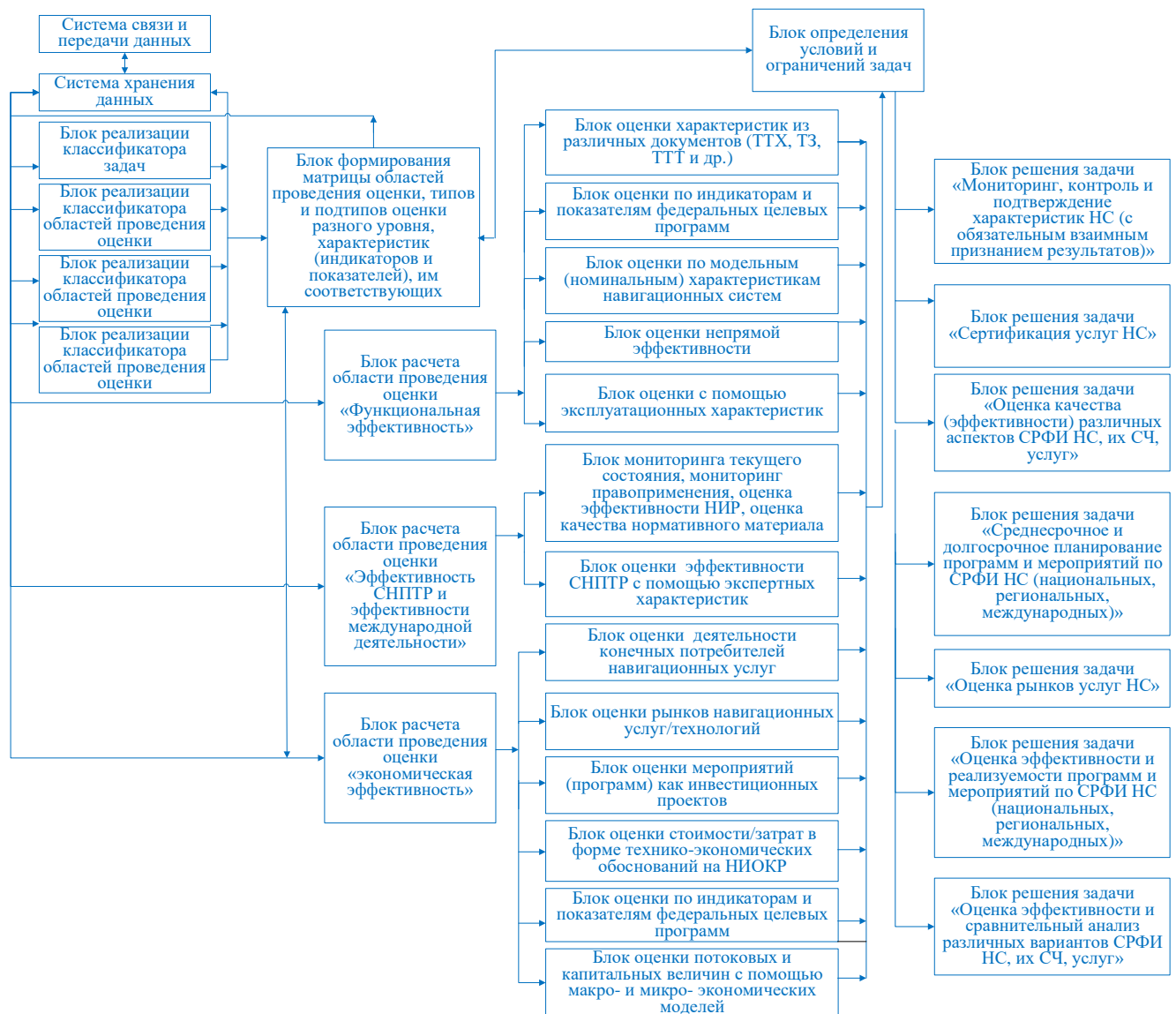


Рисунок 17 – ПМК конструктора критериев

При выборе оптимального сценария развития системы ГЛОНАСС рассматривалось 4 основных сценария (сформированных в результате исследований, проводимых целым рядом ведущих организаций отрасли, исходя из результатов анализа тенденций развития ГНСС и функциональных дополнений; оценки требований потребителей, в том числе и перспективных, и используемых в данной диссертационной работе только в качестве исходных данных): «Классический» (24 НКА в 3 плоскостях по 8 НКА, равномерно распределенных в каждой плоскости); «Расширенный» (30 НКА в 3 плоскостях по 10 НКА, из которых 8 распределены равномерно в плоскости и 2 НКА образуют антиподную пару); «Шестиплоскостной» (24 НКА в 3 плоскостях по 8 НКА и 6 НКА в дополнительных 3 плоскостях); «Двухуровневый» (космический комплекс из 24 НКА на средних орбитах, формирующего основное глобальное радионавигационное поле и космический комплекс из 6 НКА в 3 плоскостях на высоких орбитах, дополняющего основное радионавигационное поле и предоставляющего современные услуги функциональных дополнений).

Общий вид ОГ для различных сценариев развития (а – классический; б – расширенный; в- шестиплоскостной; г – двухуровневый) приведен на рисунке 18.

Исходя из поставленной задачи было принято, что при выборе сценария развития системы ГЛОНАСС необходима комплексная оценка каждого сценария с макси-

мально возможным количеством учитываемых оптимизационных параметров, учитывающих технические, экономические и политические риски.

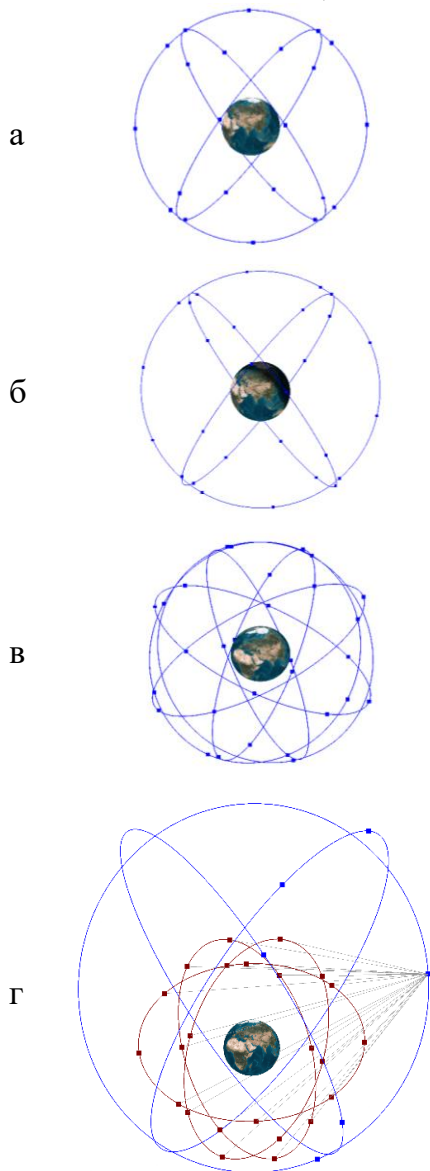


Рисунок 18 – ОГ для различных сценариев развития

Исходя из возможности получения исходных данных для расчетов были выбраны:

- для оценки функциональной эффективности: элементы оценки ТТХ навигационных систем из ТЗ, ТТТ и др.; элементы оценки по индикаторам и показателям ФЦП; элементы оценки по модельным (номинальным) характеристикам; элементы оценки с помощью эксплуатационных характеристик; элементы оценки непрямо́й эффективности;
- для оценки экономической эффективности: оценка мероприятий (программ) как инвестиционных проектов; оценка рынков навигационных услуг/технологий (объем нового рынка);
- для оценки эффективности СНПТР - элементы оценки эффективности международной деятельности.

Общая оценка эффективности каждого сценария развития ГЛОНАСС основана на расчете 12 характеристик, распределенных по 5 типам (таблица 4).

Анализ представленных сценариев развития ГЛОНАСС проводился на временном интервале 2018 – 2030 годы, поскольку именно к 2030 году следует ожидать смену поколений существующих НКА как в системе ГЛОНАСС, так и в зарубежных системах.

Графически результаты сравнительного анализа представлены в виде паутиной гистограммы (рисунок 19).

Для адекватного отображения паутиной диаграммы ввиду различных размерностей характеристик использованы нормировочные коэффициенты из таблицы 5, рассчитываемые исходя из максимальных и минимальных возможных значений для характеристик, а также исходя из их характера (большее или меньшее значение для лучшего результата, например – погрешность навигационно-временных определений – уменьшение значения является показателем качества, а интегральная доступность – наоборот).

Таблица 4 – Критерии оценки эффективности сценария развития ГЛОНАСС

Область проведения оценки	Тип оценки	Наименование характеристики
Функциональная эффективность	Элементы оценки ТТХ НС из ТЗ, ТТТ и др. документов; элементы оценки по индикаторам и показателям ФЦП; элементы оценки по модельным (номинальным) характеристикам; элементы оценки с помощью эксплуатационных характеристик	Погрешность навигационно-временных определений; интегральная доступность; время предупреждения о нарушении целостности
	Оценка непрямо́й эффективности	Коэффициент обратной совместимости НАП;

Область проведения оценки	Тип оценки	Наименование характеристики
		вероятность реализации в заданный срок
Экономическая эффективность	Оценка мероприятий (программ) как инвестиционных проектов	Коэффициент внедрения; чистая приведенная стоимость; внутренняя норма доходности; срок окупаемости
	Оценка рынков навигационных услуг/технологий (объем нового рынка)	Объем нового рынка; доля международного рынка услуг ГНСС
Эффективность СНПТР	Эффективность международной деятельности	Доля в международной нормативно-правовой базе, определяющей обязательность использования ГЛОНАСС, и в международной нормативно-технической базе, показывающей заинтересованность конечных потребителей в услугах на основе системы ГЛОНАСС

Таблица 5 – Нормировочные коэффициенты паутиной диаграммы

Название	Значение коэффициента
Погрешность навигационно-временных определений	9,97
Интегральная доступность	0,7
Время предупреждения о нарушении целостности	1994
Коэффициент внедрения	0,0163
Чистая приведенная стоимость	7,13
Внутренняя норма доходности	15
Срок окупаемости	25
Вероятность реализации в заданный срок	0,7194
Объем нового рынка	49,47
Доля международного рынка услуг ГНСС	0,15
Доля в международной нормативно-правовой базе, определяющей обязательность использования ГЛОНАСС, и в международной нормативно-технической базе, показывающей заинтересованность конечных потребителей в услугах системы ГЛОНАСС	0,6
Коэффициент обратной совместимости НАП	1

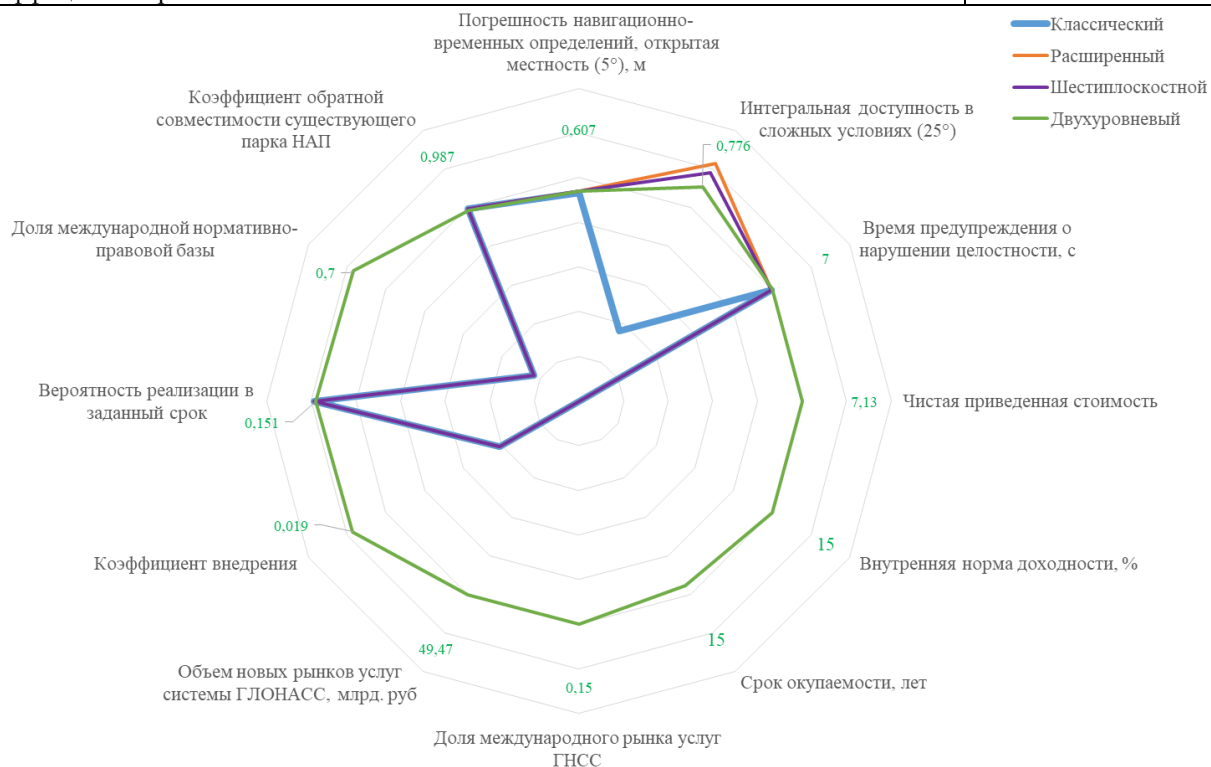


Рисунок 19 – Основные результаты многокритериального анализа сценариев в виде диаграммы паутиного типа

Классический, расширенный и шестиугольный сценарии в целом сходны, за исключением разницы в показателе доступность в сложных условиях (за счет повы-

шения количества НКА и плоскостей). Показатель доступности максимален для расширенного сценария, далее идут шестиплоскостной и двухуровневый.

В части характеристики двухуровневого сценария можно отметить следующее:

- в отличие от первых трех сценариев он может быть оценен как классический инвестиционный проект (в показателях - внутренняя норма доходности, срок окупаемости) и является единственным окупаемым сценарием;
- за счет возможности предоставления дополнительных услуг он также выигрывает в экономических показателях за счет роста доли международного рынка услуг ГНСС, объема новых рынков услуг системы ГЛОНАСС и показателей эффективности международной деятельности.

Таким образом, двухуровневый сценарий, является наиболее экономически и коммерчески привлекательным при сопоставимом уровне показателей функциональной эффективности (если сравнивать с расширенным и шестиплоскостным сценариями).

Решение задач, требующих комплексной оценки эффективности, применительно к различным группам лиц, принимающих решения

Общая цепочка действий, для всех рассматриваемых в данной диссертационной работе задач, областей проведения оценки включает в себя последовательно следующие этапы: определение лиц (организаций), ставящих задачу и принимающих решения; детализация ЛПР; определение уровня ЛПР; определение задачи, класса задачи; детализация задачи; формализация требований к результатам, особенностей задачи; выбор области проведения оценок; формализация области проведения оценок; построение методического базиса (комплекса критериев); формирование оценок по критериям; решение задачи КОЭ, принятие решения (задача анализа; задача синтеза; задача оптимизации; другие типы и способы принятия решения).

В большинстве случаев решения задач, требуются лишь самые простые способы принятия решения, например, для окончательного решения задачи сертификации. ЛПР для окончательного решения задачи сертификации услуг системы ГЛОНАСС в интересах международных потребителей (на примере сертификации базовой услуги) в результате использования данной методологии получает набор оценок характеристик услуги, исчерпывающе ее описывающий (полученный в соответствии со всеми заданными требованиями и ограничениями, рассчитанный в соответствии с разработанным методологическим базисом для оценки эксплуатационных характеристик) и сертификационный базис (СТЭХОС). Оценив соответствие полученных оценок характеристик заданным в базисе значениям, ЛПР принимает решение о возможности сертификации услуги или о подтверждении соответствия уже сертифицированной услуги. Специального методического аппарата принятия решения в данном случае не требуется. При этом оценки характеристик по другим областям проведения оценок (экономической эффективности и эффективности СНПТР) для решения задачи сертификации не проводились. Это обусловлено относительно невысокой стоимостью разработки нормативного базиса сертификации (в части экономических оценок) и очевидным отсутствием базиса (в части оценок эффективности СНПТР).

Необходимость использования специального методического аппарата принятия решения в общем случае обуславливается стоящими перед ЛПР целями. Для сложных целей, например, для выбора сценариев развития системы ГЛОНАСС, ввиду использования нескольких областей проведения оценки и большого количества критериев, оправдано применение различных методов векторной оптимизации. В конечном итоге, с учетом представления оценок характеристик для различных сценариев в виде

паутиной диаграммы, ЛПР фактически решает задачу оптимизации как задачу максимизации площади для выбираемого сценария.

3. ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Разработаны научно-методологические основы комплексной оценки эффективности, включившие в себя существующие и доработанные специализированные средства, подходы и методы оценки эффективности, обеспечивающие решение задачи комплексной оценки эффективности

- разработан набор классификаторов, позволивший сократить области проведения оценок до трех основных и сформировать оптимальный набор подходов, средств и методов по различным областям оценки для каждой конкретной классифицированной задачи
- разработан набор методов и методик (до уровня конкретных алгоритмов и их реализации в соответствующих программно-математических комплексах) по трем областям проведения оценок:
 - функциональной эффективности;
 - эффективности системы нормативно-правового и нормативно-технического регулирования;
 - экономической эффективности.

2. Подтверждена возможность применения разработанной методологии для решения реальных задач

- в части методологии оценки функциональной эффективности:
 - задача сертификации услуг системы ГЛОНАСС в интересах международных потребителей;
 - задача проведения мониторинга, контроля и подтверждения характеристик ГНСС в международных организациях с обязательным взаимным признанием результатов;
 - задача проведения сравнительного анализа характеристик различных ГНСС с взаимным признанием, прослеживаемостью и повторяемостью результатов.
- в части методологии оценки эффективности системы нормативно-правового и нормативно-технического регулирования:
 - задача проведения мониторинга текущего состояния системы нормативно-правового и нормативно-технического регулирования навигационной деятельности;
 - задача проведения сравнительного анализа различных систем (и вариантов построения) нормативно-правового и нормативно-технического регулирования навигационной деятельности;
 - задача совершенствования национальной системы нормативно-правового и нормативно-технического регулирования навигационной деятельности в целом и различных вариантов ее возможного построения.
- в части оценки экономической эффективности:
 - задачи среднесрочного и долгосрочного стратегического планирования государственных программ; оценки их эффективности и реализуемости с максимально достоверными и подтверждаемыми экономическими показателями.

3. Подтверждена общая применимость комплексной методологии оценки эффективности навигационных систем с использованием разработанных классификаторов, а также с использованием нескольких областей проведения оценок одновременно для решения задачи выбора сценариев развития системы ГЛОНАСС

4. Разработанные научно-методологические основы использованы при проведении большого количества исследований, касающихся различных аспектов создания, развития, функционирования и использования НС, при разработке ряда научно-технических отчетов, предложений, системных проектов и стратегий развития в АО «ЦНИИмаш» (ранее – ФГУП ЦНИИмаш) и других организациях, что подтверждается соответствующими актами о внедрении и непосредственно материалами в данных документах.

5. Поставленные в работе задачи полностью решены

4. СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Болкунов А.И. Некоторые свойства и результаты сравнительного анализа орбитальных группировок глобальных навигационных спутниковых систем // Балашова Н.Н., Болкунов А.И., Игнатович Е.И., Ревнивых С.Г., Сердюков А.И., Щекутьев А.Ф. // Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 34, 2009, с. 1-13.
2. Болкунов А.И. Некоторые аспекты проектирования перспективных глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). // Ревнивых С.Г., Сердюков А.И., Болкунов А.И. // Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 34, 2009, с. 1-10.
3. Болкунов А.И. Методика оценки эффективности глобальных навигационных спутниковых систем // Болкунов А.И., Сердюков А.И. // «Вестник Московского Авиационного Института». Том 18. Выпуск №6. М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2011, с. 78-89.
4. Болкунов А.И. Развитие методов оценки эффективности системы ГЛОНАСС и координатно-временного и навигационного обеспечения Российской Федерации // Болкунов А.И., Сердюков А.И., Игнатович Е.И., Золкин И.А. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет». Выпуск № 4, М.: Изд-во Машиностроение, 2013, с. 46-52.
5. Болкунов А.И. Оценка функциональной эффективности навигационных систем // Болкунов А.И., Сердюков А.И., Воробьева Е.Ю., Прокопенко К.А. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет». Выпуск № 4, М.: Изд-во Машиностроение, 2014, с. 49-60.
6. Болкунов А.И. Текущее состояние и проблемы развития действующей нормативно-правовой базы Российской Федерации в области координатно-временного и навигационного обеспечения // Болкунов А.И., Сердюков А.И. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет». Выпуск № 9, М.: Изд-во Машиностроение, 2013, с. 17-27.
7. Болкунов А.И. Развитие единой системы нормативного правового регулирования в области координатно-временного и навигационного обеспечения // Болкунов А.И., Игнатович Е.И., Сердюков А.И., Климов В.Н. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет». Выпуск № 11, М.: Изд-во Машиностроение, 2013, с. 23-33.
8. Болкунов А.И. Выбор направления развития нормативно-правовой и нормативно-технической базы в сфере координатно-временного и навигационного обеспечения в Российской Федерации // Болкунов А.И., Сердюков А.И. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет». Выпуск № 7, М.: Изд-во Машиностроение, 2014, с. 10-20.
9. Болкунов А.И. Анализ вариантов модернизированных орбитальных группировок, обеспечивающих конкурентоспособность системы ГЛОНАСС // Игнатович Е.И., Сердюков А.И., Балашова Н.Н., Синцова Л.Н., Золкин И.А., Болкунов А.И. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет». Выпуск № 1, М.: Изд-во Машиностроение, 2014, с. 20-29.
10. Болкунов А.И. Методический подход к оценке эффективности навигационных систем // Болкунов А.И., Сердюков А.И., Воробьева Е.Ю., Прокопенко К.А. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет». Выпуск № 9, М.: Изд-во Машиностроение, 2014, с. 27-35.
11. Болкунов А.И. Методические подходы к оценке инновационной эффективности системы

- ГЛОНАСС // Болкунов А.И., Малышев В.В. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет». Выпуск № 5, М.: Изд-во Машиностроение, 2015, с. 36-49.
12. Болкунов А.И. Система стандартизации эксплуатационных характеристик ГЛОНАСС в интересах гражданских потребителей // Карутин С.Н., Болкунов А.И., Каплев С.А. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет». Выпуск № 5, М.: Изд-во Машиностроение, 2015, с. 58-64.
13. Болкунов А.И. Уточнение концепции создания единой системы нормативного регулирования в области координатно-временного и навигационного обеспечения. Часть 1 // Болкунов А.И., Карутин С.Н., Климов В.Н., Рейтор К.И. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет». Выпуск № 8-9, М.: Изд-во Машиностроение, с. 55-69, 2015.
14. Болкунов А.И. Уточнение концепции создания единой системы нормативного регулирования в области координатно-временного и навигационного обеспечения. Часть 2 // Болкунов А.И., Карутин С.Н., Климов В.Н., Рейтор К.И. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет». Выпуск № 10, М.: Изд-во Машиностроение, с. 44-52, 2015.
15. Болкунов А.И. Современные методы оценки социально-экономической эффективности функционирования спутниковых систем и их близких аналогов // Болкунов А.И., Досиков В.С., Карутин С.Н., Лаптев Н.Н. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет». Выпуск № 10, М.: Изд-во Машиностроение, с. 20-34, 2015.
16. Болкунов А.И. Оценка экономической и коммерческой эффективности использования системы ГЛОНАСС // Болкунов А.И., Досиков В.С., Карутин С.Н., Лаптев Н.Н. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет». Выпуск № 11-12, М.: Изд-во Машиностроение, с. 61-79, 2015.
17. Болкунов А.И. Проблемы нормативного регулирования в сфере ГЛОНАСС // Болкунов А.И., Рейтор К.И. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет». Выпуск № 3, М.: Изд-во Машиностроение, с. 13-31, 2019.
18. Болкунов А.И. Концепция сертификации услуг системы ГЛОНАСС // Карутин С.Н., Болкунов А.И., Абраменков Г.В., Донченко С.И., Кондрашин М.А., Ренивых И.С., Корчагин В.А., Царёв В.М. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет». Выпуск № 7, М.: Изд-во Машиностроение, с. 28-38, 2019.
19. Болкунов А.И. Стратегия развития системы ГЛОНАСС // Карутин С.Н., Панов С.А., Болкунов А.И., Можаров И.В., Каплев С.А., Игнатович Е.И., Яремчук В.И. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет». Выпуск № 10, М.: Изд-во Машиностроение, с. 7-20, 2019.
20. Болкунов А.И. Постановка задачи разработки научно-методологических основ комплексной оценки эффективности навигационных систем // Карутин С.Н., Болкунов А.И., Каплев С.А., Можаров И.В., Золкин И.А. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет». Выпуск № 7, М.: Изд-во Машиностроение, с. 3-11, 2021.
21. Болкунов А.И. Разработка научно-методологических основ комплексной оценки эффективности навигационных систем // Карутин С.Н., Малышев В.В., Болкунов А.И., Лысенко В.В., Рейтор К.И. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет». Выпуск № 8, М.: Изд-во Машиностроение, с. 8-24, 2021.

Авторские свидетельства, патенты

22. «Программно-математическая модель оценки эффективности навигационных спутниковых систем» (НИР «Развитие», государственный контракт № 851-Г0160/12 от 14.08.2012, этап 2014-3). Свидетельство ПММ № 2015612251 (RU), 2015.
23. Программно-математическая модель автоматизированного единого классификатора документов системы ГЛОНАСС. Решение Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» №ФГ-13-р от 12.01.2021, НИР «Структура», государственный контракт № 851-Г098/19/139 от 04.10.2019 (этап 2020-1).
24. Болкунов А.И. Патент на изобретение «Способ оценки эксплуатационных характеристик услуги абсолютной навигации системы ГЛОНАСС» // Карутин С.Н., Болкунов А.И., Каплев С.А., Панов С.А., Тнкозян В.Л. // Патент на изобретение № 2722092 (RU), 2020.

Публикации в других изданиях и материалах конференций

- 25.Revnivykh S., Serdyukov A., Montenbruck O. Springer Handbook on Global Navigation Satellite Systems // Springer Publishing, 2017.
- 26.Bolkunov A., Lavrakas J. Guidelines for Developing Global and Regional Navigation Satellite Systems Performance Standards (Version 1.0) // United Nations, United Nations Office of Outer Space Affairs, 01.10.2019, http://unoosa.org/documents/pdf/icg/PS/Performance_Standards_Guidelines_V1.0.pdf.
- 27.Стандарт эксплуатационных характеристик открытого сервиса (СТЭХОС). Редакция 2.2, 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.glonass-iac.ru/GLONASS/stehos/stehos.pdf>.
- 28.Стандарт эксплуатационных характеристик открытого сервиса (СТЭХОС). Приложение А. Методики расчета эксплуатационных характеристик. Редакция 2.2, 2019. [Электронный ресурс]. URL: https://www.glonass-iac.ru/GLONASS/stehos/stehos_app_A.pdf.
- 29.Стандарт эксплуатационных характеристик открытого сервиса (СТЭХОС). Приложение В. Справочная информация. Редакция 2.2, 2019. [Электронный ресурс]. URL: https://www.glonass-iac.ru/GLONASS/stehos/stehos_app_C.pdf.
- 30.Стандарт эксплуатационных характеристик открытого сервиса (СТЭХОС). Приложение С. Оценка текущих эксплуатационных характеристик и частоты отказов. Редакция 2.2, 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.glonass-iac.ru/GLONASS/stehos/stehos.pdf>.
- 31.Bolkunov A., Karutin S., Tyulin A., Testodov N. Position, Navigation, and Timing Technologies in the 21st Century, Volumes 1 and 2: Integrated Satellite Navigation, Sensor Systems, and Civil Applications, Set 1st Edition // IEEE Press, Wiley Publishing, 2020.
- 32.Болкунов А.И., Сердюков А.И. Сравнительный анализ характеристик РНП ГНСС // Перспективные разработки и идеи XXI века в области космонавтики. Научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов предприятий космической промышленности. Сборник материалов. – Королёв Московской обл.: Изд-во НОУ «ИПК Машприбор», 2008, с. 52-54.
- 33.Revnivykh S., Bolkunov A., Serdyukov A., Ignatovich E., Schekutyev A. «The Outcomes of the Global Navigation Satellite Systems (GNSS) Orbital Constellations comparative analysis» // Abstracts book of 5th International Workshop On Constellations And Formation Flying. М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2008, с. 44-46.
- 34.Revnivykh S., Serdyukov A., Bolkunov A. «Some aspects of Advanced GNSS Design and Development» // Abstracts book of 5th International Workshop On Constellations And Formation Flying. М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2008, с. 46-49.
- 35.Болкунов А.И. Система описания параметров и характеристик радионавигационных полей глобальных навигационных спутниковых систем // Тезисы докладов 13-ой международной научной конференции «Системный анализ, управление и навигация». М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2008, с. 207-208.
- 36.Болкунов А.И. Некоторые аспекты разработки перспективных глобальных навигационных спутниковых систем // Материалы научно-технической конференции молодых специалистов ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва». Железнодорожск: ОАО «ИСС», 2008, с. 7.
- 37.Болкунов А.И. Периодичность характеристик радионавигационного поля (РНП) и навигационного обеспечения // Тезисы докладов 14-ой международной научной конференции «Системный анализ, управление и навигация». М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2009, с. 79-80.
- 38.Болкунов А.И., Игнатович Е.И., Сердюков А.И. Развитие методического аппарата оценки эффективности системы ГЛОНАСС и координатно-временного и навигационного обеспечения Российской Федерации // Системный анализ, управление и навигация: Тезисы докладов. Сборник. - М.: Изд-во МАИ, 2013, с. 87-90.
- 39.Болкунов А.И., Игнатович Е.И., Климов В.Н., Сердюков А.И. Координатно-временное и навигационное обеспечение. Правовой аспект // Межотраслевой журнал навигационных технологий «Вестник ГЛОНАСС». Выпуск № 2 (12), М.: Изд-во ЮНИПРИНТ, 2013, с. 20-30.
- 40.Болкунов А.И., Климов В.Н., Сердюков А.И., Соловьев Ю.А., Царев В.М. Современное состояние и проблемы развития системы нормативного правового регулирования в области КВНО // Научно-технический журнал по проблемам навигации «Новости навигации». Выпуск № 3, М.:

Изд-во ОАО «НТЦ «Интернавигация», 2013, с. 22-33.

41. Болкунов А.И., Каплев С.А. Стандарт эксплуатационных характеристик открытого сервиса системы ГЛОНАСС // 9-я международная научно-техническая конференция «Тенденции и гармонизация развития радионавигационного обеспечения», г. Москва, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 14 ноября 2013 года.
42. Болкунов А.И., Можаров И.В. Концепция создания единой системы нормативного регулирования в области координатно-временного и навигационного обеспечения в Российской Федерации // 9-я международная научно-техническая конференция «Тенденции и гармонизация развития радионавигационного обеспечения», г. Москва, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 14 ноября 2013 года.
43. Bolkunov A. Russian Federation in GNSS Open Service Performance Parameters Template Creation // International Committee on GNSS – 8. Eleventh Meeting of the Providers' Forum. Working Group A: Compatibility and Interoperability. http://unoosa.org/pdf/icg/2013/icg-8/wgA/A2_2.pdf, Dubai, United Arab Emirates, 9 November 2013, p. 1-12.
44. Denisenko O., Silvestrov I., Fedotov A., Bolkunov A. Proposals on the development of the International GNSS Monitoring and Assessment System in light of existing civil means of monitoring in Russian Federation // International Committee on GNSS – 8. Eleventh Meeting of the Providers' Forum. Working Group A: Compatibility and Interoperability. http://unoosa.org/pdf/icg/2013/icg-8/wgA/A4_1.pdf, Dubai, United Arab Emirates, 9 November 2013, p. 1-19.
45. Bolkunov A., Kaplev S. GLONASS SPS Performance Standard Status // International Civil Aviation Organization (ICAO). Navigation Systems Panel (NSP). Information Paper May14_wgw_ip3 GLONASS SPS status. https://portal.icao.int/nsp/wgotw/Meeting%20Documents/May%202014/IPs/May14_wgw_ip3%20GLONASS%20SPS%20status.doc, Montreal, Canada, 20-29 May 2014, p. 1-2.
46. Болкунов А.И. Развитие системы нормативно-правового и нормативно-технического обеспечения в сфере координатно-временного и навигационного обеспечения в Российской Федерации // Системный анализ, управление и навигация: Тезисы докладов. Сборник. - М.: Изд-во МАИ, 2014, с. 38-39.
47. Bolkunov A., Kaplev S. GLONASS Open Service Performance parameters Standard and GNSS Open Service Performance Parameters Template Status // Ninth Meeting of the International Committee on Global Navigation Satellite Systems. Working Group A: Compatibility and Interoperability. <http://www.unoosa.org/pdf/icg/2014/wg/wga4.2.pdf>, Prague, Czech Republic, 11 - 13 November 2014, p. 1-15.
48. Denisenko O., Silvestrov I., Fedotov A., Bolkunov A. Proposals on the Development of the International GNSS Monitoring and Assessment System // Ninth Meeting of the International Committee on Global Navigation Satellite Systems. Working Group A: Compatibility and Interoperability. <http://www.unoosa.org/pdf/icg/2014/wg/wga4.3.pdf>, Prague, Czech Republic, 11 - 13 November 2014, p. 1-32.
49. Bolkunov A. GLONASS/PNT Sustainment and Development Legal and Regulatory Framework: Status and Plans // Munich Satellite Navigation Summit 2015: Session 5. Legal Issues of GNSS Market Development. http://www.munich-satellite-navigation-summit.org/Summit2015/Presentations15/Proceedings/Session5_Bolkunov_2015.pdf, Munich, Germany, 24 - 26 March 2015, p. 1-9.
50. Bolkunov A., Kaplev S. GLONASS Open Service Performance Standard Status // International Civil Aviation Organization (ICAO). Navigation Systems Panel (NSP). Information Paper NSP1_ip9_GLONASS OS Status. https://portal.icao.int/nsp/FullPanel/Meeting%20Documents/NSP1/IPs/NSP1_ip9_GLONASS%20OS%20Status.docx, Montreal, Canada, 8-17 April 2015, p. 1-27.
51. Болкунов А.И., Климов В.Н., Рейтор К.И. Единая система нормативного регулирования системы координатно-временного и навигационного обеспечения // Тезисы докладов 6-ой Всероссийской конференции «Фундаментальное и прикладное координатно-временное и

- навигационное обеспечение». Санкт – Петербург: ИПА РАН, 2015, с. 28-29.
52. Болкунов А.И., Карутин С.Н., Дворкин В.В., Митрикас В.В. Методология оптимального распределения наземных измерительных станций системы ГЛОНАСС // Тезисы докладов 6-ой Всероссийской конференции «Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение». Санкт – Петербург: ИПА РАН, 2015.
53. Можаров И.В., Болкунов А.И. Системные исследования нормативного регулирования в сфере координатно-временного и навигационного обеспечения // IX Международный навигационный форум. Секция «Нормативное правовое и нормативное техническое обеспечение навигационной деятельности». 22-23 Апреля 2015, Москва.
54. Bolkunov A. International GNSS Monitoring and Assessment Parameters List // IGMA Workshop, China Satellite Navigation Conference, Xi'an, China, 12 May 2015, p. 1-7.
55. Bolkunov A., Silvestrov I. GNSS Monitoring and Assessment In Russian Federation // IGMA Workshop, China Satellite Navigation Conference, Xi'an, China, 12 May 2015, p. 1-20.
56. Болкунов А.И., Можаров И.В. Существующие и перспективные инструменты нормативно-правового и нормативно-технического регулирования в сфере ГЛОНАСС и КВНО Российской Федерации // Системный анализ, управление и навигация: Тезисы докладов. Сборник. - М.: Изд-во МАИ, 2015, с. 190-191.
57. Болкунов А.И., Карутин С.Н., Климов В.Н., Можаров И.В., Рейтор К.И. Уточнение концепции создания единой системы нормативного регулирования в области координатно-временного и навигационного обеспечения. Часть 1. // Научно-технический журнал по проблемам навигации «Новости навигации». Выпуск № 2, М.: Изд-во ОАО «НТЦ «Интернавигация», 2015.
58. Bolkunov A. GLONASS and GNSS Performance Standards: Status and Plans // Tenth Meeting of the International Committee on Global Navigation Satellite Systems. Working Group A: Systems, Signals and Services. <http://www.unoosa.org/pdf/icg/2015/icg10/wg/wga04.pdf>, Boulder, Colorado, United States, 3 - 5 November 2015.
59. Болкунов А.И., Карутин С.Н., Климов В.Н., Можаров И.В., Рейтор К.И. Уточнение концепции создания единой системы нормативного регулирования в области координатно-временного и навигационного обеспечения. Часть 2. // Научно-технический журнал по проблемам навигации «Новости навигации». Выпуск № 3, М.: Изд-во ОАО «НТЦ «Интернавигация», 2015.
60. Bolkunov A. International GNSS Monitoring and Assessment System: System-Level // Tenth Meeting of the International Committee on Global Navigation Satellite Systems. Working Group A: Systems, Signals and Services. <http://www.unoosa.org/pdf/icg/2015/icg10/wg/wga07.pdf>, Boulder, Colorado, United States, 3 - 5 November 2015.
61. Bolkunov A., Baumann I. GLONASS and PNT in Russia Law, Regulation, and Outlook // Inside GNSS Magazine. <http://www.insidegnss.com/auto/marapr16-LAW.pdf>, p. 48-53, March/April 2016.
62. Bolkunov A. GNSS performance standard template: Challenges and way forward // Eleventh Meeting of the International Committee on Global Navigation Satellite Systems. Working Group A: Systems, Signals and Services. <http://www.unoosa.org/pdf/icg/2016/icg11/wgs/8.pdf>, Sochi, Russian Federation, 8 - 10 November 2016.
63. Bolkunov A. IGMA: Challenges and Way Forward // Twelfth Meeting of the International Committee on Global Navigation Satellite Systems. Working Group A: Systems, Signals and Services, Kyoto, Japan, 2 - 7 December 2017.
64. Bolkunov A., Lavrakas J. An update from the Performance Standards Team // Twelfth Meeting of the International Committee on Global Navigation Satellite Systems. Working Group A: Systems, Signals and Services, Kyoto, Japan, 2 - 7 December 2017.
65. Bolkunov A., Kaplev S. Materials for IGMA Taskforce Workshop on GNSS Performance Monitoring // IGMA Taskforce Workshop on GNSS Performance Monitoring. International Committee on Global Navigation Satellite Systems. IGMA and DT Taskforce. Working Group A: Systems, Signals and Services, Noordwijk, Netherlands, 14 - 16 May 2018.
66. Болкунов А.И. Основные проблемные вопросы совершенствования нормативно-правового и нормативно-технического обеспечения навигационной деятельности и пути их решения // Системный анализ, управление и навигация: Тезисы докладов. Сборник. - М.: Изд-во МАИ,

2018.

67. Карутин С.Н., Болкунов А.И. Общий подход к методологии комплексной оценки эффективности навигационных систем // Научный проблемный семинар научно-координационного совета федеральной целевой программы «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012 – 2020 годы». Госкорпорация «Роскосмос», г. Москва, ул. Щепкина 42, 27 июля 2018 года.
68. Карутин С.Н., Болкунов А.И. Научные проблемы формирования оценок национального и международного рынков навигационных услуг и продукции // Научный проблемный семинар научно-координационного совета федеральной целевой программы «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012 – 2020 годы». Госкорпорация «Роскосмос», г. Москва, ул. Щепкина 42, 27 июля 2018 года.
69. Bolkunov A., Lavrakas J. Performance Standards Dream Team – Report to ICG // Thirteenth Meeting of the International Committee on Global Navigation Satellite Systems. Working Group S: Systems, Signals and Services, http://unoosa.org/documents/pdf/icg/2018/icg13/wgs/wgs_18.pdf, Xi'an, China, 5 - 9 November 2018.
70. Bolkunov A., Kogure S., Lavrakas J. Status and Progress on ICG IGMA Task Force and Joint Trial Project with IGS // Thirteenth Meeting of the International Committee on Global Navigation Satellite Systems. Working Group S: Systems, Signals and Services, http://unoosa.org/documents/pdf/icg/2018/icg13/wgs/wgs_17.pdf, Xi'an, China, 5 - 9 November 2018.
71. Болкунов А.И. Концепция совершенствования системы нормативно-правового и нормативно-технического регулирования навигационной деятельности // Системный анализ, управление и навигация: Тезисы докладов. Сборник. - М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2019, с. 44-46.
72. Bolkunov A., Kaplev S. Materials for IGMA Taskforce and Performance Standards Workshop on GNSS Performance Monitoring // IGMA and Performance Standards (DT) Taskforce Workshop on GNSS Performance Monitoring. International Committee on Global Navigation Satellite Systems. IGMA and DT Taskforce. Working Group S: Systems, Signals and Services, Vienna, Austria, 12 – 15 June 2019.
73. Bolkunov A., Kaplev S. GLONASS OS PS Status // International Civil Aviation Organization (ICAO). Navigation Systems Panel (NSP). WP, Montreal, Canada, 15-24 October 2019.
74. Болкунов А.И., Карутин С.Н. Научно-технические проблемы высокоточных навигационных определений по сигналам ГЛОНАСС // 14-я международная научно-техническая конференция «Тенденции и гармонизация развития радионавигационного обеспечения», г. Москва, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 27 ноября 2019 года.
75. Bolkunov A., Lavrakas J. Performance Standards Dream Team – Report to ICG // Fourteenth Meeting of the International Committee on Global Navigation Satellite Systems. Working Group S: Systems, Signals and Services, Bengaluru, India, 8-13 December 2019.
76. Bolkunov A., Kogure S., Lavrakas J. Activity report of the IGMA Trial Project // Fourteenth Meeting of the International Committee on Global Navigation Satellite Systems. Working Group S: Systems, Signals and Services, Bengaluru, India, 8-13 December 2019.
77. Болкунов А.И. Разработка и применение методики оценки эффективности глобальных навигационных спутниковых систем // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. Специальность: 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (Авиационная и ракетно-космическая техника)». Множительный центр МАИ (НИУ), 2011.
78. Болкунов А.И. Разработка и применение методики оценки эффективности глобальных навигационных спутниковых систем // Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Специальность: 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (Авиационная и ракетно-космическая техника)». Московский авиационный институт, 2011.

Публикации в научно-технических отчетах, системных проектах и стратегиях развития – не приведены, по теме диссертационной работы – более 70.