

УДК 004.9: 629.78 DOI 10.30894/issn2409-0239.2022.9.2.62.72

**Концепция использования методов анализа
и моделирования систем
для исследования измерительных задач
баллистико-навигационного обеспечения КА**

В. К. Ларин, *к. т. н., с. н. с., contact@spacecorp.ru*
АО «Российские космические системы», Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы исследования измерительных задач с использованием методов анализа и моделирования систем. Целью исследований является определение основных свойств объекта, влияющих на решение. В качестве предметной области выбраны задачи баллистико-навигационного обеспечения КА. Конкретным объектом исследования является задача предварительной обработки измерений (ПРО). В статье приводится обзор методов анализа и моделирования технических систем. Созданы классификационные таблицы видов анализа и моделирования для выбора методов, соответствующих объекту предметной области. На базе проведенных исследований получены данные анализа и моделирования задачи ПРО. Обобщенные результаты в виде отдельных блоков учтены в программе задачи в соответствии со значением вариантов степени структурированности задачи: структурированный, квазиструктурированный и слабоструктурированный.

Ключевые слова: предметная область, структура, слабоструктурированные задачи, анализ систем, моделирование, эвристические методы

**The Concept of Using Analysis and Simulation Methods
to Study the Measurement Tasks
of Ballistic and Navigation Support of Spacecraft**

V. K. Larin, *Cand. Sci. (Engineering), Senior Researcher, contact@spacecorp.ru*
Joint Stock Company "Russian Space Systems", Moscow, Russian Federation

Abstract. The article deals with the research of measurement problems using methods of systems analysis and simulation. The purpose of the research is to determine the main properties of the object that affect the solution. The ballistic and navigation spacecraft (SC) support tasks are chosen as the subject area. The specific object of research is the task of preprocessing of measurements (PP). The paper gives a review of methods of analysis and modeling of technical systems. Classification tables of types of analysis and modeling for the choice of methods corresponding to the object of the subject area are created. Based on the conducted research the data of analysis and modeling of the PP task were obtained. Generalized results in the form of separate blocks are taken into account in the program of the task in accordance with the variants of the degree of structure of the task: structured, quasi structured, and weakly structured.

Keywords: subject area, structure, weakly structured problems, systems analysis, modeling, heuristic methods

Введение

В данной работе рассматриваются вопросы исследования функциональных задач (систем) с использованием условно объединенных процедур, состоящих из анализа и моделирования. На первом этапе система выступает в качестве некоторой абстракции безотносительно к функциональной принадлежности, в дальнейшем система рассматривается применительно к конкретной предметной области.

Основной целью как анализа, так и моделирования является определение основных свойств объекта. Несмотря на схожесть целей указанных процессов, результаты могут различаться как по форме, так и по содержанию, поэтому целесообразно их последующее совместное рассмотрение, которое включает сравнение результатов анализа и моделирования, их корректирование и объединение в качестве окончательного результата как элемента общего решения задачи.

Для того чтобы данные исследования приобрели практический смысл, необходимо отнести их к какому-либо типу (или виду) функционально определенных систем. В частности, рассмотрена система измерительных задач, входящих в состав баллистико-навигационное обеспечения (БНО).

Предлагается следующая последовательность данной работы.

Так как в описании присутствуют три базисных понятия — система, анализ и моделирование, вначале приводится их определение в рамках поставленной задачи, а также классификация по признакам конкретной предметной области.

Далее приводятся таблицы классификации методов анализа и моделирования объектов данной предметной области.

На следующем этапе определяются критерии, по которым можно выбирать необходимые методы анализа и моделирования из классификационных таблиц в зависимости от функционального назначения задачи.

Далее приводятся технологические схемы процедур анализа и моделирования измерительной задачи и формируются результаты их использования.

На последнем этапе результаты объединяются в один с целью дальнейшего использования в общем решении задачи.

В заключение приводится структурная схема решения измерительной задачи и определяется соответствующее место для результата настоящих исследований.

Основная часть

Для наглядного представления проводимых исследований на схеме (рис. 1) отображены этапы работ и последовательность их исполнения.



Рис. 1. Схема этапов исследований

1. Система

Определение

Система представляет собой совокупность элементов (объектов, субъектов), находящихся между собой в определенной зависимости и составляющих некоторое единство (целостность), обладающая свойствами, не присущими составляющим ее элементам, взятым в отдельности [1].

В самом общем случае понятие «система» характеризуется следующими основными признаками:

- наличием множества элементов,
- наличием связи между ними,
- целостным характером данного объекта.

Классификация

Если строить классификацию по иерархическому принципу, то, согласно [2], и с учетом выбранного объекта исследования верхнюю строку займут *абстрактные системы*. К ним относятся языки, системы счисления, алгоритмы, компьютерные программы, математические модели и т. д.

Из многообразия абстрактных систем выделяются *действующие системы*, которые способны совершать операции, технологически выстроенные процессы, действуя по программам, создаваемым человеком.

Действующие системы в свою очередь подразделяются на технические, технологические, экономические, социальные, организационные системы и управление.

Из перечисленных выше систем объекту исследований наиболее соответствуют технические и технологические системы.

Техническая система — это совокупность взаимосвязанных физических элементов. В качестве связей выступают механические, электромагнитные, гравитационные и другие взаимодействия.

Технологическая система. Технология как процесс имеет две формы реализации: как абстрактная совокупность операций и как совокупность операций с соответствующими техническими устройствами. Таким образом, возникают две технологические системы: одна — формальная (только операции), другая — материальная (операции плюс устройства).

Формальная технологическая система (ФТС) — это совокупность операций (процессов) для достижения некоторой цели (решения задачи). Структура ФТС определяется набором методов, методик, регламентов, правил и норм. Элементами ФТС являются процессы — «последовательная смена операций, направленная на изменение состояние объекта. В качестве связей выступают свойства объектов или сигналы, передаваемые при переходе от одной операции к другой» [3].

Материальная технологическая система (МТС) — это совокупность технических устройств, реализующих операции и определяющих их качество и продолжительность.

2. Анализ систем

Определение

Анализ необходимо рассматривать в двух интерпретациях: как процедуру (или процесс) и как инструмент исследования.

Анализ как процедура заключается в разделении системы на составные части, выявлении ее структурных свойств и отношений между частями.

Анализ как инструмент занимается целенаправленным исследованием объектов (или их элементов) с учетом их функционального назначения и специфических свойств.

Классификация

Согласно вышеуказанной классификации исследуемая система — измерительные задачи относятся к *абстрактным системам*, отсюда следует классификационная таблица видов анализа систем, соответствующая выбранному объекту.

Виды анализа систем

Математический анализ включает следующие разделы: анализ бесконечно малых величин, дифференциальное и интегральное исчисления.

В основе *статистического анализа* лежит математическая статистика — наука, разрабатывающая математические методы систематизации статистических данных для научных и практических выводов.

Структурный анализ «предполагает исследование системы с помощью ее графического модельного представления, которое начинается с общего обзора и затем детализируется, приобретая иерархическую структуру со все большим числом уровней» [4].

Функциональный анализ представляет собой аналитический инструмент, позволяющий выявлять функции, их характеристики, а также рейтинги компонентов системы. Главная цель — представить техническую систему в виде набора функций и выявить ее функциональные недостатки.

Кластерный анализ — статистическая процедура, выполняющая сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов и затем упоря-

дочивание их в сравнительно однородные группы (кластеры).

Графический анализ — это интерпретация информации на графике в виде графических формаций. В основном анализ производится визуально.

Системный анализ — совокупность методов анализа и решения неформальных задач.

3. Моделирование

Определение

Моделирование осуществляется при помощи модели. Поэтому ниже приводятся два определения: модели и моделирования.

Модель — это *упрощенное подобие* реального объекта, которое отражает *существенные особенности* (свойства) изучаемого объекта, отвечающие *цели моделирования*;

— это материальный или воображаемый объект, который в процессе познания замещает реальный объект, сохраняя при этом его существенные свойства.

Моделирование — это процесс исследования реального объекта с помощью модели.

Классификация

Виды моделей

Математическая модель — представление объекта, процесса или явления в виде математических зависимостей (функций, уравнений).

Имитационная модель — отображение процесса или явления с помощью математических уравнений, реализованных в виде компьютерной программы.

Информационная модель — совокупность информации, характеризующей основные свойства и состояние объекта.

Геометрическая модель — модель, представленная в виде графических форм (граф, блок-схема, диаграмма).

Табличная модель — информация о моделируемом объекте, структурированная в виде таблицы.

Виды моделирования

«Применительно к естественно-техническим, социально-экономическим и другим наукам принято различать следующие виды моделирования:

- концептуальное моделирование, при котором с помощью некоторых специальных знаков,

символов, операций над ними или с помощью естественного или искусственного языков истолковывается основная мысль (концепция) относительно исследуемого объекта;

- интуитивное моделирование, которое сводится к мысленному эксперименту на основе практического опыта работников (широко применяется в экономике);
- физическое моделирование, при котором модель и моделируемый объект представляют собой реальные объекты или процессы единой или различной физической природы, причем между процессами в объекте-оригинале и в модели выполняются некоторые соотношения подобия, вытекающие из схожести физических явлений;
- структурно-функциональное моделирование, при котором моделями являются схемы, (блок-схемы), графики, чертежи, диаграммы, таблицы, рисунки, дополненные специальными правилами их объединения и преобразования;
- математическое (логико-математическое) моделирование, при котором моделирование, включая построение модели, осуществляется средствами математики и логики;
- имитационное (программное) моделирование, при котором логико-математическая модель исследуемого объекта представляет собой алгоритм функционирования объекта, реализованный в виде программного комплекса для компьютера;
- компьютерное моделирование, являющееся развитием имитационного моделирования» [3].

4. Выбор видов анализа и моделирования

Выбор видов «анализа» и «моделирования» производится на базе материалов классификации существующих систем, рассмотренных выше и на основе признаков, близких по свойствам к измерительным задачам.

Процедура выбора из классификационных списков проводится по критериям исследуемого объекта. Под критерием понимается характерное свойство объекта, по которому можно найти в классификационном списке способ (метод, технологию, вид анализа и т. д.) решения поставленной задачи или ее части.

Основные характеристики измерительных задач БНО [5].

1. В качестве исходных данных выступают массивы измеряемых параметров (псевдодальность, фаза несущей частоты, радиальная скорость).

2. Использование статистических методов решения задачи.

3. Конечная цель решения — уточнение параметров модели движения КА.

4. Комплексная обработка измерений осуществляется с помощью ИВС.

5. Использование базы данных под управлением СУБД для хранения информации.

Перечисленные свойства можно рассматривать в качестве критериев ИЗ.

Для удобства выполнения следующего этапа исследований — выбора соответствующего вида анализа и моделирования — сформированы классификационные таблицы, представленные ниже.

Выбор необходимых вариантов «анализ систем» и «моделирование» по заданным критериям производится в случае совпадения (достаточно «смыслового») при сравнении пунктов критерия объекта (измерительной задачи) и пунктов содержания классификационных таблиц [6].

В соответствии с рекомендациями и при сравнении свойства объекта с пунктами содержания классификационных таблиц для процедур «анализ системы» и «моделирование» были выбраны следующие варианты:

Таблица 1. Классификационная таблица «анализ систем»

№	Вид анализа	Содержание	Степень структурированности системы
1	Математический	Методы дифференциального и интегрального исчисления	Структурированная
2	Статистический	Обработка измерительной информации	Структурированная
3	Структурный	Иерархическая структура представления данных	Квазиструктурированная, слабоструктурированная
4	Функциональный	Выявление функций и их характеристик	Структурированная, квазиструктурированная, слабоструктурированная
5	Графический	Отображение данных на графиках	Структурированная
6	Системный	Анализ и решение неформальных задач	Слабоструктурированная, квазиструктурированная
7	Кластерный	Формирование и анализ однородных групп измерений	Структурированная, квазиструктурированная

Таблица 2. Классификационная таблица «модель»

№	Вид анализа	Содержание	Примечание
1	Математическая	Математические зависимости	Траекторные измерения КА
2	Информационная	Информация об основных свойствах объекта	См. «критерии»
3	Имитационная	Программа функционирования объекта	Псевдодальности, фаза
4	Геометрическая	Геометрические формы (блок-схема, диаграмма)	Блок-схема
5	Табличная	Двумерная таблица	Количественные и качественные данные

Таблица 3. Классификационная таблица «моделирование»

№	Вид анализа	Содержание	Особенности
1	Математическое	Расчет параметров объекта по формулам	Используются модели измерений
2	Имитационное	Расчет характеристик процессов с различными ИД	Варианты с запредельными ИД
3	Структурно-функциональное	Изменение параметров геометрических объектов	Изменение данных в блоках с ИП
4	Интуитивное	Мысленное	Обязательное фиксирование вариантов

Примечание. ИД — исходные данные; ИП — информационные параметры.

«анализ систем» — «статистический» для случая структурированных данных и «структурный» для случая квазиструктурированных и слабоструктурированных данных;

«модель» — «математическая» и «имитационная», соответственно для структурированных и слабоструктурированных объектов;

«моделирование» — «математическое» и «имитационное», соответственно для структурированных и слабоструктурированных объектов.

5. Анализ и моделирование системы «измерительные задачи»

В качестве примера системы «измерительные задачи» рассмотрена задача предварительной обработки траекторных измерений КА (ПРО) [7]. Цель задачи ПРО заключается в формировании сеансов траекторных измерений, удовлетворяющих следующим условиям:

- ошибки измерений должны иметь случайный характер;
- число измерений в сеансе не должно быть меньше заданного значения;
- условия проведения траекторных измерений должны удовлетворять определенным требованиям (по углу места, диапазону псевдодалностей, значениям фаз и т. д.).

Для наглядного представления задачи ПРО принципиальная схема ее решения приведена на рис. 2.

Статистический анализ систем для случая структурированных данных заключается в оценке системы по следующим зависимостям [7]:

- среднеарифметическое отклонение, рассчитываемое по формуле

$$L = \frac{\sum |x - \mathbf{x}|}{n};$$

- среднеквадратическое отклонение, рассчитываемое по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \mathbf{x})^2}{n}};$$

- дисперсия — сумма квадратов отклонений измерений от среднеарифметического значения, рассчитываемая по формуле

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x - \mathbf{x})^2}{n}.$$

Результатом статистического анализа системы являются численные значения среднеарифметического отклонения, среднеквадратического отклонения и дисперсии.

Структурный анализ систем для случая квазиструктурированных (КСД) и слабоструктурированных данных (ССД) включает следующие этапы:

- декомпозицию,
- анализ функционирования выделенных структур,
- оценку степени структурированности системы,
- ранжирование структур.

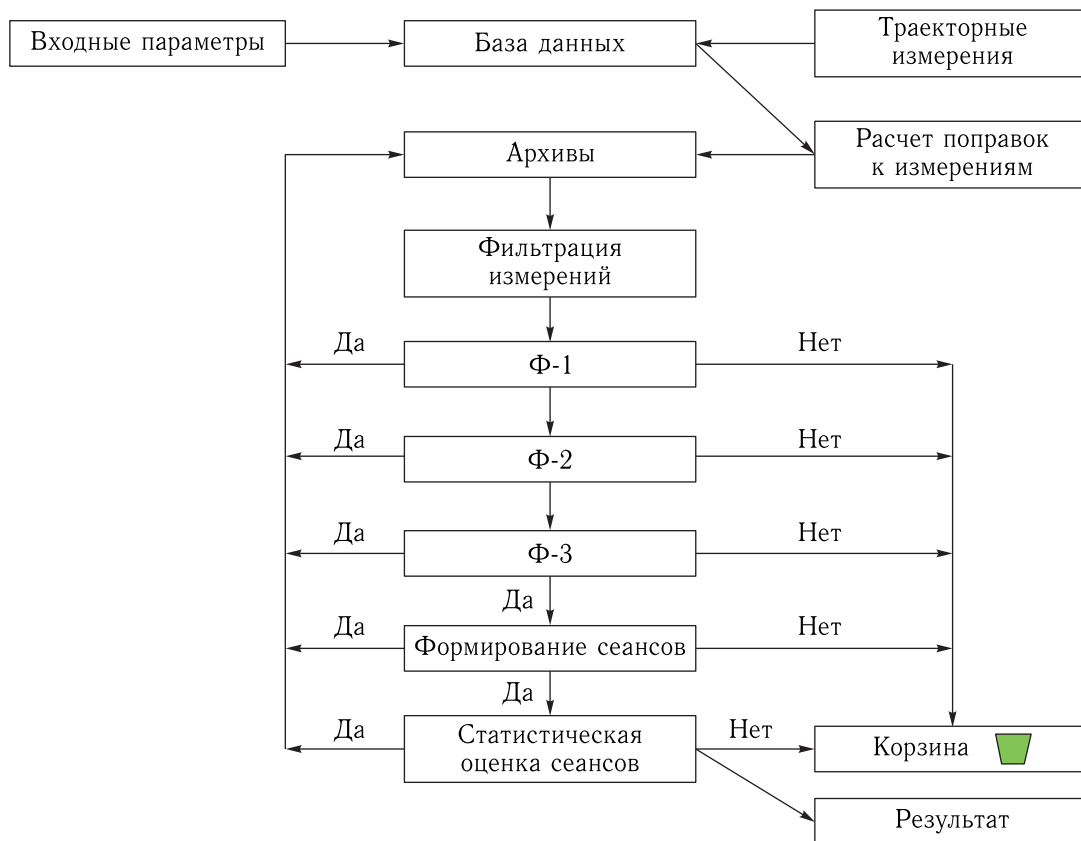


Рис. 2. Принципиальная схема решения задачи ПРО

Ф-1, Ф-2, Ф-3 — фильтры измерительной информации;
«Результат» — сеансы измерений

Краткая характеристика этапов. Декомпозиция.

В предлагаемом варианте структуры выделяются элементы наиболее подверженные ошибкам. К ним относится программа, которая, помимо собственных ошибок, допущенных при ее создании, содержит ошибки алгоритма, допущенные при его разработке. Особенностью такого рода ошибок является тот факт, что при этом программа работает без видимых сбоев и выдает результат.

Анализ функционирования выделенных структур заключается в определении степени структурированности задачи, которая разделяется на два варианта [8]:

- для квазиструктурированных данных (А),
- для слабоструктурированных данных (Б)

и, в зависимости от полученного диапазона значений, определение типа решения.

Вариант А. Степень структурированности измерительной задачи ПРО КСД имеет следующий диапазон значений: $1 > \text{ССт} > 0,5$. Это соответствует количественному решению, для чего используются методы статистического анализа, но при этом следует учесть, что за счет возмущения отдельных ИП точность решения ухудшается.

Вариант Б. Степень структурированности измерительной задачи ПРО ССД имеет следующий диапазон значений: $0,5 > \text{ССт} > 0$. Это соответствует качественному решению, для чего используются эвристические методы решения (к наиболее продуктивным методам следует отнести ЭДС).

Результатом структурного анализа системы слабоструктурированных данных являются значения степени структурированности задачи в зависимости от диапазона информационных параметров и определение «слабых» структурных связей.

Под ранжированием понимается рейтинговое распределение элементов системы в иерархической структуре.

Математическая модель задачи ПРО для случая структурированных объектов включает:

1) упрощенную формулу для расчета псевдодальности с учетом поправок к измерениям

$$P = D + I_1 + \Delta D_{\text{trop}} + \Delta D_{\text{rot}} - \Delta D_{\text{pcsat}},$$

где $D = c \cdot \Delta t$ — номинальное значение дальности;

I_1 — задержка, обусловленная влиянием ионосферы;

ΔD_{trop} — поправка на задержку распространения сигнала в тропосфере;

ΔD_{rot} — поправка на вращение Земли за время распространения сигнала;

ΔD_{pcsat} — поправка на смещение фазового центра антенны НКА относительно центра масс НКА;

2) совокупность фильтров в виде неравенств следующего вида:

– $\sum n_i \geq N_k$ — число измерений в сеансе должно быть равно или больше заданного значения;

– $\gamma_i \geq \gamma_3$ — угол места каждого измерения должен быть не менее γ_3 ;

– $D_{\text{max}} \geq D_i \geq D_{\text{min}}$ — значения псевдодальностей должны находиться в заданных пределах.

Имитационная модель для случая слабо-структурированных объектов может быть представлена в виде блок-схемы с отображением условий перехода (связей) между соседними блоками (рис. 3).

Условия перехода между блоками представляют собой математические выражения для сравнения двух параметров, один из которых имеет наперед заданное значение, другой — текущее значение. При выполнении условия процесс решения продолжается, в ином случае — останов решения.

Для измерительных задач возможны следующие *условия перехода между блоками*:

– полученные данные на очередном шаге должны быть: «>, < или равны некоторому значению»;

– полученные данные должны находиться в заданном диапазоне значений;

– единицы измерений полученных данных должны соответствовать единицам измерений величин, используемых на следующем шаге решения

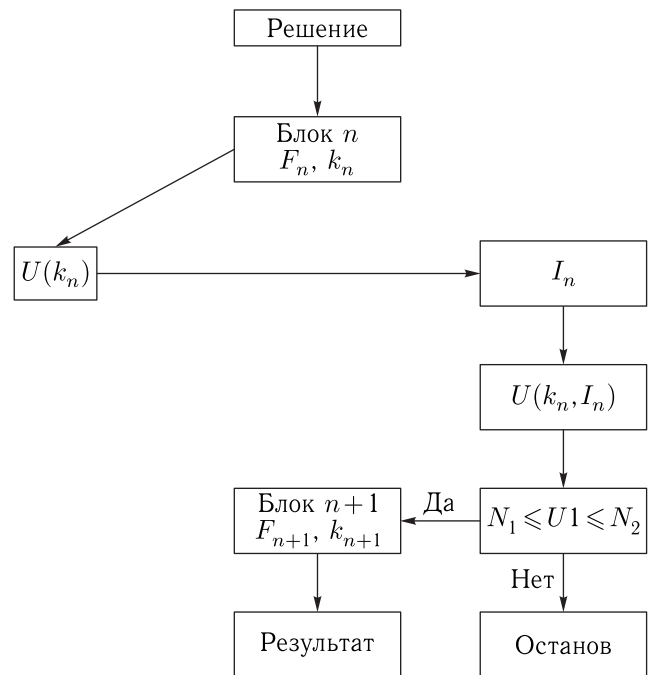


Рис. 3. Схема перехода между блоками алгоритма ИЗ $U(k_n)$ — номинальное условие перехода от блока n к блоку $n + 1$;

I_n — информационный параметр блока n ;

$U(k_n, I_n)$ — измененное условие перехода от блока n к блоку $n + 1$;

N — номинальное значение условия перехода;

N_1-N_2 — диапазон значений условия перехода для конкретного блока;

F_n, F_{n+1} — функциональное содержание блоков $n, n + 1$

(проверка на идентичность единиц измерения должна проходить на каждом шаге программы).

Математическое моделирование для случая структурированных данных

Процедура математического моделирования задачи ПРО для структурированных данных заключается в проведении расчетов с использованием формул математической модели, а именно:

- расчет псевдодальностей,
- определение числа измерений в сеансе,
- фильтрация измерений по углу места,
- фильтрация измерений по диапазону дальностей.

Результатом моделирования являются отфильтрованные измерения и сформированные сеансы для дальнейшего использования в краевой задаче.

Имитационное моделирование для случая слабоструктурированных данных

Основным объектом исследования имитационного моделирования является программа решения задачи (в данном случае ПРО). Инструментом для ее реализации является ИВС.

Таким образом, *имитационное моделирование* для случая ССД заключается в решении задачи ПРО с учетом возможных изменений структурных связей между блоками программы. Наиболее удобным инструментом для реализации этого процесса является ИВС. Структурная схема ИВС с учетом межблочных переходов приведена на рис. 4.



Рис. 4. Структурная схема ИВС

Результатом имитационного моделирования решения задачи ПРО для случая ССД является определение в программе нарушений межблочных связей, вызванных искажением условий перехода от одного алгоритмического блока к другому (см. рис. 3).

6. Корректирование данных анализа и моделирования системы «Измерительные задачи» и формирование общего результата

Основная цель проводимых исследований задачи ПРО при использовании методов анализа и моделирования систем заключалась в отыскании «слабых мест», приводивших к сбою решения, и выборе способов их блокирования.

Получены следующие результаты.

Анализ системы (результаты):

Статистический анализ системы для случая структурированных данных заключается в определении численных значений среднеарифметического отклонения, среднеквадратического отклонения и дисперсии для каждого измерения [9].

Структурный анализ систем для случая квазиструктурированных (КСД) и слабоструктурированных данных (ССД)

Рассмотрены два варианта структурированности задачи: для квазиструктурированных данных (А) и для слабоструктурированных данных (Б).

Вариант А. Степень структурированности измерительной задачи ПРО КСД имеет следующий диапазон значений: $1 > C_{Ст} > 0,5$. Это соответствует количественному решению, для чего используются методы статистического анализа, но при этом следует учесть возможное ухудшение точности решения за счет возмущения отдельных ИП.

Вариант Б. Степень структурированности измерительной задачи ПРО ССД имеет следующий диапазон значений: $0,5 > C_{Ст} > 0$. Это соответствует качественному решению, для чего используются эвристические методы решения (к наиболее продуктивным следует отнести ЭДС).

Результатом структурного анализа системы слабоструктурированных данных являются значения степени структурированности задачи в зависимости от информационных параметров и выбор метода решения ИЗ в зависимости от полученного значения $C_{Ст}$.

Моделирование системы (результаты):

Математическое моделирование для случая структурированных данных

Результатом математического моделирования являются отфильтрованные измерения и сформированные сеансы для дальнейшего использования в задаче определения параметров орбиты.

Имитационное моделирование для случая слабоструктурированных данных

Результатом имитационного моделирования решения задачи ПРО для случая ССД является определение в программе нарушений межблочных связей, вызванных искажением условий перехода между соседними блоками задачи.

7. Формирование общего результата анализа и моделирования системы

Для формирования общего результата анализа и моделирования системы применим пошаговый принцип выбора, который заключается в поэтапном объединении частных случаев в общий.

В качестве общего аргумента выступают типы данных: структурированные, квазиструктурированные и слабоструктурированные.

Обобщенные результаты применения методов «анализ системы» приведены в табл. 4.

Таблица 4. Обобщенные результаты «анализ системы»

Тип данных	Выбранный метод	Примечание
Структурированный	Статистическая оценка измерений	
Квазиструктурированный	Статистическая оценка измерений	Ухудшение точности
Слабоструктурированный	Выбор экспертной системы	

Обобщенные результаты применения методов «моделирования системы» приведены в табл. 5.

Таблица 5. Обобщенные результаты «моделирование системы»

Тип данных	Результат	Примечание
Структурированный	Сеансы с отфильтрованными измерениями	
Квазиструктурированный	Определение искажений межблочных связей	
Слабоструктурированный	Определение искажений межблочных связей	

Общий результат анализа и моделирования системы приведен в табл. 6.

Учет полученного результата анализа и моделирования системы в решении ИЗ

Учет полученного результата анализа и моделирования системы в решении ИЗ реализуется путем ввода в программу решения задачи дополнительных блоков в соответствии с типом данных

Таблица 6. Общий результат анализа и моделирования системы

Тип данных	Результат	Примечание
Структурированный	Сеансы с отфильтрованными измерениями и значениями статистической оценки	Стандартный вариант
Квазиструктурированный	Определение искаженных межблочных связей и значений статистической оценки	
Слабоструктурированный	Выбор экспертной системы [9]	

(табл. 3). Учет блоков не должен изменять целостность решения.

Принципиальная схема решения ИЗ с учетом результатов анализа и моделирования системы приведена на рис. 5.

Таким образом, на конечном этапе произведены корректировка программы решения ИЗ, заключающаяся в учете нарушений структурных связей для задач, относящихся к КСД, и перевод решения на экспертно-диагностическую систему для задач, относящихся к ССД.

Для структурированных задач процедура решения не меняется.

Заключение

На основании проведенных исследований измерительных задач с использованием методов анализа и моделирования систем можно сделать следующие выводы.

1. Использование методов анализа и моделирования систем слабоструктурированных задач измерительного типа позволяет выявить ошибки в структурных связях и их программные адреса, допущенные на этапе программирования, и сформировать процедуры блокирования с целью получения удовлетворительного решения.

2. Для исследования решения задач с различной степенью структуризации целесообразно использовать комбинацию методов анализа и моделирования системы, что позволяет более полно

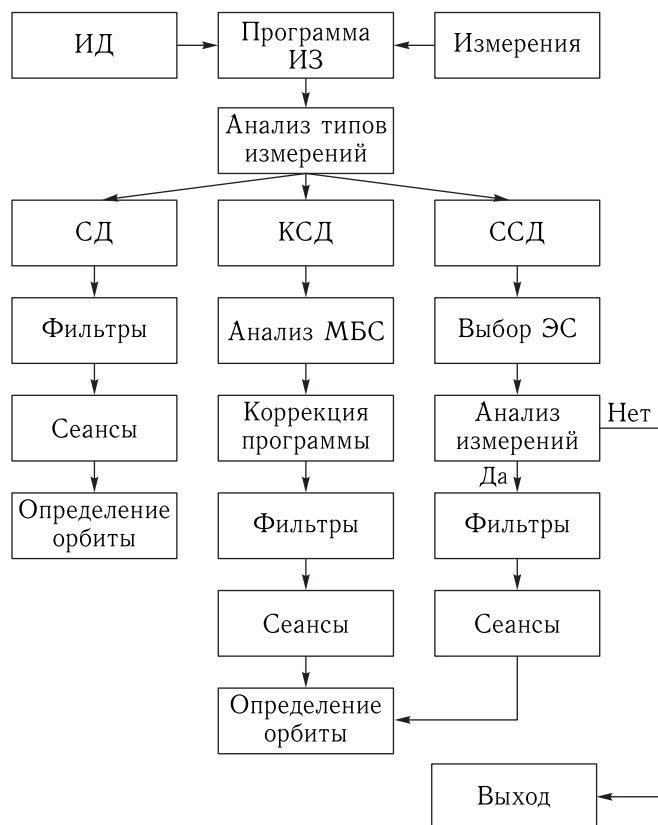


Рис. 5. Структурная схема программы ИЗ

ИД — исходные данные;

СД — структурированные данные;

КСД — квазиструктурированные данные;

ССД — слабоструктурированные данные;

ЭС — экспертная система;

МБС — межблочные связи;

«Да» — соответствует заданному числу измерений;

«Нет» — не соответствует заданному числу измерений

анализировать структурные связи и находить оптимальное решение задачи.

3. Для определения вида анализа и моделирования сформированы классификационные таблицы видов анализа и моделирования, позволяющие выбрать методы, соответствующие предметной области.

4. Корректирование результатов анализа и моделирования объекта исследования заключается во взаимном дополнении полученных характеристик структурных связей и преобразовании в форму, соответствующую блокам алгоритма решения общей задачи.

5. Ввиду существенного различия методов анализа и моделирования исследование объектов с их использованием целесообразно проводить по отдельному плану для каждого вида, объединяя результаты на последнем этапе при вставке в программу общего решения задачи.

Список литературы

1. Тарасенко Ф.П. Прикладной системный анализ: Учебник. Томск: Издательство Томского университета, 2004. 186 с.
2. Романов В.Н. Системный анализ для инженеров. СПб.: СЗГЗТУ, 2006. 186 с.
3. Качала В.В. Основы теории систем и системного анализа: Учеб. пособие для вузов. М.: Горячая линия–Телеком, 2012. 210 с.
4. Коваленко В.И. Моделирование издания. Базовая структура, система разделов и рубрик, фирменный текст. Дисс.... канд. филол. наук: 10.01.10. М., 2004. 173 с.
5. Бетанов В.В., Ларин В.К., Поляева З.А. К вопросу анализа причин возникновения сбоев в аппаратно-программном комплексе уточнения эфемеридно-временной информации ГНСС // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы, 2014, т. 1, вып. 1. С. 55–60.
6. Бетанов В.В., Ларин В.К., Поляева З.А. Прототип экспертной диагностической системы поиска и коррекции скачков в безразностных фазовых измерениях // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы, 2014, т. 1, вып. 3. С. 73–81.
7. Налимов В.В. Теория эксперимента. М.: Наука, Главная редакция физ.-мат. литературы, 1971. 208 с.
8. Ларин В.К. Построение прототипа экспертно-диагностической системы анализа траекторной измерительной информации // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы, 2017, т. 4, вып. 1. С. 53–60.
9. Бетанов В.В., Ларин В.К. Концепция построения экспертно-диагностического комплекса для анализа информационных систем // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы, 2018, т. 5, вып. 2. С. 65–72.