**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СТОХАСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В ИНФОРМАЦИОННО ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ АО «ОЭМК»**

**Артюхина Дарья Дмитриевна, Мишустин Дмитрий**

Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова

(филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Оскольский политехнический колледж, г. Старый Оскол

В настоящее время доля измерительной информации относительно других видов информации непрерывно увеличивается. Поэтому в различных отраслях промышленности широко используются информационно-измерительные и управляющие системы (ИИС). Основным звеном современной ИИС является ЭВМ, осуществляющая цифровую обработку сигналов. В то же время, объекты измерения и управления в большинстве случаев по своей физической природе являются непрерывными, и, соответственно, описываются непрерывными моделями. Кроме того, из-за влияния различных внешних факторов к информационному сигналу добавляется случайная составляющая (шум) [1].

Таким образом, современные ИИС являются гибридными, и для анализа и синтеза таких систем необходимо использовать единую математическую модель, которая, очевидно, должна быть дискретной. Необходимо отметить, что информационно-измерительные системы - это системы, работающие в режиме реального времени, причем, измерения и преобразования в них производятся с заданной погрешностью. При невыполнении требований, предъявляемых к погрешности измерений, ИИС считается непригодной. Поэтому при проектировании ИИС необходима предварительная оценка погрешностей обработки информации и приведения непрерывной модели к цифровой [1].

Проведенный обзор информационных источников показал, что известные методы перехода от аналоговых моделей к цифровым приводятся без предварительного исследования их погрешностей. Кроме того, выбор методов для решения конкретных практических задач проектирования измерительных систем недостаточно обоснован с позиции устойчивости и алгоритмической формализуемости [2].

В инженерной практике широко используются пакеты прикладных программ для решения математических и инженерных задач, такие, как matlab, mathcad, maple, multisim и др. Эти программные комплексы имеют удобный графический интерфейс, включают в себя набор встроенных функций, позволяющих осуществлять численный расчет различных характеристик сигналов и систем. Однако большинство используемых в настоящее время программ являются универсальными, что значительно снижает точность моделирования и расчетов. В программной документации не указывается погрешность численных методов и обоснование применения того или иного метода. Поэтому при оценке АКФ и СПМ случайных сигналов разные методы могут приводить к результатам, значительно отличающимся от точного решения. Особенно актуальна эта проблема в ИИС при реализации дискретного преобразования Фурье и рекурсивных алгоритмов оценки спектральной плотности мощности. По этой причине, основная мировая тенденция в области программирования - это переход от универсальных программ к специализированным.

Таким образом, известно большое количество методов обработки стохастических сигналов, но их выбор для решения конкретных практических задач проектирования измерительных систем недостаточно обоснован. Поэтому одной из актуальных тем является разработка подхода к выбору наилучших методов по приоритетным критериям обработки информации в ИИС.

Целью работы является разработка алгоритма повышения точности цифровой обработки стохастических сигналов в информационно-измерительных системах.

Возможность повышения инструментальных возможностей рандомизации применительно к задаче уточнения положения центра тяжести сигнала по пачке N импульсов РЛС в режиме обнаружения 9 при бинарном квантовании дальности внутри элемента разрешения по дальности Δ.



Рис.1. Интерполяция дальности D

Очень чaсто из-за неопределенности положения центра тяжести сигнала внутри элемента разрешения Δ энергия пачки импульсов распределяется между соседними элементами разрешения, что приводит к энергетическим потерям полезного сигнала и необходимости «сшивания пакета».

Процесс измерений параметров повторяющегося сигнала организован по принципу «удлиняющейся серии». В результате обзора методов отмечена близость предлагаемого способа к «урновой схеме Пойя» и в меньшей степени сходство с классической процедурой Вальда [3].

Процесс оценивания может быть организован последовательно по серии (пачке) из N временных, и М, L пространственных отсчетов в апертуре ФАР, в результате чего снижаются требования к разрядности квантователей и открываются возможности применения рандомизированной обработки по всем координатам. Рaзмеры временных и пространственных окон по времени (N), азимуту (M), и углу места (L) выступают как естественный ресурс доплеровской и пространственной селекции. «Обеление» П и А помех осуществляется одновременно с «обелением» шумов квантования [3].

 Задача интерполяции дальности, скорости, азимута и угла места – сводится к задаче измерения уточняющей интерполирующей добавки  и связанной с ней вероятностью p=/Δ, где - ошибка квантования, подлежащая оценке; - шаг квантования.

Таким образом, речь идет об измерении  методом статистических испытаний с использованием «грубой» (булевой) статистики ****. Разумно введенная отрицательная корреляция между элементами всего вектора-выборки размером NxМxL может приводить к отрицательным членам с ковариациями в формуле для СКО и уменьшить её по сравнению с обычным случаем.

В классической теории решений проектировщик системы не может управлять сигналом на входе: операция передачи  задаётся априори, все сигналы заданы наперёд вместе с вероятностями наступления каждого из них, и проектировщик не может изменять эти данные, т. е. заданы распределения принимаемых сигналов FN,M,L(/0) и FN,M,L(/), где и  – N,M,L - мерные векторы пространства наблюдений и сигналов.

В таких обнаружителях пространство наблюдений разбивается не на два (как это принято в классической теории), а на три множества с образованием промежуточной зоны, в которой вероятность принятия решения назначается Наблюдателем ).

Нормировка распределений достигается использованием статистики сравнений Манна-Уитни (булевой или ранговой статистики), в результате чего процедуры обнаружения приобретают робастные (непараметрические) свойства, а вероятностные характеристики эффективности РЛС становятся инвариантными к распределению шума.

Путём рандомизации пороговых уровней в дискретных точках вероятностей правильного обнаружения и ложной тревоги становится возможным линеаризовать рабочую характеристику  радара.

На примере сглаживания траекторных измерений сближающихся объектов в задаче прогнозирования промаха был рассмотрен метод комбинаторного статистического анализа, в котором задача обнаружения траектории сближающихся объектов («ракета-цель», «георадар-мина») сведена к задаче обнаружения «зашумленной» константы .

Для достижения цели в методе предложено сглаживать ошибки измерения на редуцированных плоскостях, при этом снижается порядок эквивалентных «α,β – фильтров» (или фильтров Калмана)при фильтрации достаточно «крутых» гиперболических (по дальности) и обратно-тригонометрических  (по углам) пролётных функций.

Тривиальная модель сближения объектов взаимодействия была взята для упрощения доказательства возможности сглаживания шумов квантования и рандомизирующего шума. Очевидно и то, что не использование обработки «грубых» отчётов на редуцированных плоскостях приводило к увеличению порядка эквивалентных «α, β – фильтров» (или фильтров Калмана)при фильтрации достаточно «крутых» гиперболических (по дальности) и обратно-тригонометрических  (по углам) полётных функций сближения объектов.

Рассмотренные особенности цифровой фильтрации сигналов по направлению с использованием понятия пространственных частот (см. раздел из «оптики» - «разложение по волновым числам») и процедурыизмерения частоты и пеленга в РЛС с ФАР по алгоритмам БПФ.

Рассмотрены вопросы построения стохастических ФАР, при этом отмечена неожиданная взаимосвязь с заметностью антенн, что весьма важно для интегрированных бортовых РЛК. Показано, что контролируемый джиттер весовых коэффициентов ПВ-фильтров (ФАР) уменьшает фоновую составляющую КНД, обусловленную шумами квантования цифровой системы даграммообразования.

Проведены аналитические исследования вопросов восстановления сигнальных полей, дискретизированных по времени и пространству с применением стохастических шкал квантования, сформулированы варианты теорем отсчётов, дающие возможность восстанавливать дискретизированные по времени и пространству сигнальные поля в связи с необходимостью их фильтрации по обычным и пространственным частотам (угловым направлениям).

Моделирование квазилинейных трактов ПВ обработки сигналов в условиях искусственно загрубленного квантования квадратурных компонент входного сигнала (использована предельно «грубая» статистика μi=±1) и доказало линеаризующее действие шумового напряжения, рандомизирующего процесс квантования.

В ходе моделирования применялся амплитудный, временной (фазовый) «джиттер» (дрожание шкал квантования), а также «джиттер» ВК стохастического ЦФ (временного и диаграммообразующего).

Список используемых источников

1. Мирошников, М. М. Теоретические основы оптико-электронных приборов. 3-е издание, исправл. и дополн. / М. М. Мирошников. СПб. : Изд-во «Лань», 2010.-698 с.

2. Монаков, А. А. Основы математического моделирования радиотехнических систем: учеб. пособие / А. А. Монаков. СПб. : ГУАП, 2015. - 100 с.

3. Радченко, С. Г. Методология регрессионного анализа. Монография / С. Г. Радченко. К.: «Корншчук», 2011. - 376 с.