

**XXXII МЕЖДУНАРОДНАЯ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ**



# **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ, АВТОМАТИКИ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ**

**Дивноморское, Краснодарский край, Россия  
14 – 20 сентября 2023 г.**



**Тамбов  
2023**

МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
МИРЭА - РОССИЙСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ)  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО  
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ  
ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. И.С. ТУРГЕНЕВА  
ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТАМБОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

КОординАТОР КОНФЕРЕНЦИИ 2023 г.:



ТАМБОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ТАМБОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
XXXII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ, АВТОМАТИКИ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Сборник трудов конференции



пос. Дивноморское, Краснодарский край, Россия, 14 – 20 сентября 2023 г.

При условии дискретности событий с количеством  $n \rightarrow \infty$  и при равномерном законе распределения все вероятности событий (состояний) одинаковы и равны  $p$ . С учётом  $np = 1$ , получим:

$$H = \lim_{n \rightarrow \infty} \left( -n \ln \left( \frac{1}{n} \right)^{\left( \frac{1}{n} \right)} \right) = \lim_{n \rightarrow \infty} \left( -\ln \left( \frac{1}{n} \right) \right) = \infty.$$

Следовательно, в случае дискретного множества  $p_i$  вычисление  $H$  даёт очевидный результат равный  $\infty$ . В этом случае исключается вариант равенства нулю вероятности состояния, т.е.  $p_i \neq 0$ .

В случае непрерывного закона распределения случайной величины, что соответствует состоянию сингулярности пространства, когда дискретность случайной величины исключена ввиду отсутствия фактора времени, информационная энтропия может быть определена, с учётом  $n \rightarrow \infty$  и  $p_i = 1/n$ , следующим образом:

$$H = n \cdot \lim_{n \rightarrow \infty} \ln p_i^{p_i} = \infty \cdot 0.$$

Таким образом, получаем неопределённость:  $H = \infty \cdot 0$ .

Для устранения неопределённости и с учётом плотности вероятности – производной от функции распределения вероятности (вероятность – функционал по определению), обладающей непрерывностью, применим правило Лопиталья. Что позволяет для одномерного пространства получить следующее выражение:

$$H = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{(\ln p_i)}{(1/p_i)} = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{(\ln p_i)'}{(1/p_i)'} = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{(1/p_i)'}{(\ln e / p_i^2)} = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{p_i}{\ln e}.$$

При законе равной плотности вероятности, т.е.  $np = 1$ , и при  $n \rightarrow \infty$  получим:

$$H = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{p_i}{\ln e} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left( n \cdot \frac{(1/n)}{\ln e} \right) = \frac{1}{\ln e} = 1.$$

Для произвольного непрерывного закона распределения случайной величины, определённой на отрезке  $[a, b]$ , получим:

$$H = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{p_i}{\ln e} = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{f(\xi_i) \Delta x_i}{\ln e} = \frac{1}{\ln e} \int_a^b f(x) dx = \frac{1}{\ln e} = 1.$$

**Вывод:** Информационная энтропия распределения непрерывной случайной величина равняется 1 nat.

#### Список литературы

1. Колмогоров А. Н. Основные понятия теории вероятностей. — 2-е изд. — М.: Наука, 1974. — 120 с.
2. Mashkin, M. N. (2018) Fractional Degrees of Freedom in Statistics. Volume 14. Progress in physics. Issue 3 (July), 159-164. — URL: <http://www.ptep-online.com/2018/PP-54-10.PDF> (viewing date: 2023-06-20).

### ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОТОКА РАДИОЛОКАЦИОННЫХ КАДРОВ С ЧАСТОТОЙ БЛИЗКОЙ К ВИДЕОЧАСТОТЕ

Ненашев В.А., Афанасьева В.И., Ненашев С.А.

*Features of the formation of a stream of radar frames with a frequency close to the video frequency*

Ненашев В.А.<sup>1</sup> – доцент кафедры вычислительных систем и сетей ГУАП, Афанасьева В.И.<sup>1</sup> – младший научный сотрудник кафедры вычислительных систем и сетей ГУАП, Ненашев С.А.<sup>1</sup> – младший научный сотрудник кафедры вычислительных систем и сетей ГУАП

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»

#### Аннотация

Рассмотрены основные особенности формирования потока радиолокационных кадров с частотой видеопоследовательности в малогабаритных бортовых радиолокационных системах с синтезированной апертурой. Основной принцип формирования потока РЛК с частотой близкой к видеочастоте, заключается в разделении полной апертуры на субапертуры с их наложением друг на друга при движении носителя малогабаритной бортовой РЛС по круговому маршруту.

Малогабаритные бортовые радиолокационные системы (МБРЛС), способные формировать радиолокационные кадры (РЛК) на основе метода радиолокационного синтезирования апертуры (РСА) антенны зарекомендовали себя, как высокоточные системы, функционирующие в сложных погодных и сезонных условиях [1]. Такие МБРЛС, а также их группы [2], могут применяться в задачах оперативного или экологического мониторинга, где существенно, чтобы частота следования РЛК-ов была близкой к видеочастоте [3, 4].

В отличие от практически мгновенной регистрации кадров в оптических малогабаритных бортовых системах, в МБРЛС требует определенное время на формирование радиолокационного изображения высокого

разрешения, т.е. время на синтезирование полной апертуры антенны. В связи с этим поток РЛК формируется с меньшей частотой следования кадров в МБРЛС, чем аналогичный поток в малогабаритных оптико-локационных системах мониторинга земной поверхности. На сегодняшний день, приемлемым для МБРЛС считается частота следования РЛК в потоке порядка 5 Гц и более, с разрешением РЛК не более 1 м, как по азимутальной координате, так и по координате дальность [4].

Однако, существует сложность, которая заключается, в том что если РЛК формируется при получении радиолокационных данных на основе синтезирования полной апертуры, то частота следования кадров в потоке становится неприемлемо низкой. А также в случае формирования потока РЛК на основе радиолокационных данных от полной синтезированной апертуры требуются значительные вычислительные мощности, что не всегда возможно обеспечить на борту малогабаритных РЛС. Таким образом, для увеличения частоты кадров и снижения вычислительной нагрузки на МБРЛС предлагается использовать высокоскоростной способ формирования потока РЛК на основе разложения полной синтезированной апертуры на субапертуры с обновлением текущего РЛК каждый раз, когда формируются новые данные субапертуры.

Кроме того, для достижения указанных выше показателей при формировании потока в МБРЛС, требуется, чтобы носитель осуществлял полет по круговой траектории, обеспечивая постоянный обзор одного заданного участка земной поверхности.

Таким образом, чтобы одновременно достичь требуемую частоту следования кадров для формирования соответствующего потока и одновременно обеспечить высокое их разрешение, РЛК должны быть сформированы по данным от субапертур с их наложением друг на друга при движении носителя МБРЛС по круговой траектории.

Реализация способа формирования потока РЛК с частотой близкой к видеочастоте, позволит объединять данный поток с потоком оптических снимков в единый поток для более эффективного решения задач классификации и распознавания наземных территорий и объектов на них. Кроме того, разработка данного способа позволит отображать на экране оператора поток РЛК высокого разрешения к которому могут применяться новые и модифицированные алгоритмы технического зрения, что значительно позволит повысить информативность, полноту и достоверность отображаемой радиолокационной обстановки. Это особенно актуально в условиях временных ограничений, когда требуется оперативно обнаружить экологические и техногенные катастрофы, представляющие особую опасность для жизнедеятельности людей и окружающей природы.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-79-00303).

#### Список литературы

1. Подоплекин Ю.Ф., Шенета Д.А., Ненашев В.А. Моделирование входных сигналов бортовой РЛС, обусловленных отражениями зондирующего сигнала от подстилающих поверхностей земли и моря. *Морской вестник*. 2016. № 4(60). С. 69-71.
2. Патент № 2703996 С2 Российская Федерация, МПК G01S 13/90. Способ локации целей в передних зонах обзора бортовых радиолокационных станций двухпозиционной радиолокационной системы: № 2019108828; заявл. 26.03.2019; опубл. 23.10.2019 / Г.А. Коржавин, В.А. Ненашев, А.П. Шенета [и др.]; заявитель Акционерное общество "Концерн "Гранит-Электрон".
3. He Z, Chen X, Yi T, He F, Dong Z, Zhang Y. Moving Target Shadow Analysis and Detection for ViSAR Imagery. *Remote Sensing*. 2021; 13(15):3012. <https://doi.org/10.3390/rs13153012>
4. Ненашев В.А., Ханьков И.Г. Формирование комплексного изображения земной поверхности на основе кластеризации пикселей локационных снимков в многопозиционной бортовой системе. *Информатика и автоматизация*. 2021. Т. 20, № 2. С. 302-340. <https://doi.org/10.15622/ia.2021.20.2.3>

## ОПТИМАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ПОЛЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОЭФФИЦИЕНТОВ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДВИЖЕНИЯ ЛА

*Optimal processing of flight information to evaluate the coefficients of mathematical models of aircraft movement*

д.т.н. Поплавский Б.К., к.т.н. Данилевич Е.В., Сериков А. В.

Акционерное общество "Лётно-исследовательский институт имени М.М. Громова", г. Жуковский, Московская область, Россия.

#### Аннотация

Доклад посвящен результатам исследования методов обработки измерительной информации при анализе материалов летных испытаний и оценке параметров моделей движения летательных аппаратов.

Для улучшения качества анализа получаемой в полете информации, оценки параметров движения ЛА, оценки параметров математических моделей движения ЛА применяют различного рода преобразования результатов измерений. Например, сглаживание помех, численное дифференцирование, преобразование Фурье, интегрирование измеренных зависимостей со специально выбранной весовой функцией, устранение влияния