

УДК 621.383.29:621.514.015

В.И. Никитенок, доц., канд. техн. наук (БГУ, г. Минск);  
С.С. Ветохин, зав. кафедрой, канд. физ-мат. наук (БГТУ, г. Минск);  
А.М. Бахарь, первый зам. нач. военного факультета (БГУ, г. Минск)

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПТИМАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ СТАЦИОНАРНЫХ ПУАССОНОВСКИХ ПОТОКОВ**

Стационарный пуассоновский поток (СПП) или простейший поток однородных событий и процесс Пуассона имеют достаточно большое число приложений. Это обуславливает теоретическую и практическую значимость рассматриваемого материала. Представленной математической схемой описываются самые различные модели физических явлений: в области физики, прикладной математики и информатики, радиофизики, аэрокосмических радиоэлектронных и информационных систем и технологий, радио- и оптической локации (прием слабых (на уровне фотонов) оптических сигналов). Известно, что в зависимости от анализируемых выборочных значений СПП представим законом Пуассона или экспоненциальным законом распределения интервалов между соседними событиями. Оба представления имеют право на практическое применение. Авторами используется экспоненциальный закон распределения.

Рассматривается задача проверки гипотезы (СПП имеет определенное значение интенсивности) относительно следующих двух альтернатив: альтернатива 1 – интенсивность СПП больше, чем при гипотезе (случай положительного контраста (ПК)), альтернатива 2 – интенсивность СПП меньше, чем при гипотезе (случай отрицательного контраста (ОК)). Отдельно случай ПК авторами рассмотрен ранее. В работе рассматривается случай ОК и их возможное совместное применение.

Представленная модель используется для разработки и анализа оптимальных алгоритмов обработки (ПОК–алгоритмов) СПП в неопределенных условиях вида контраста: варианты структурных схем оптимальных алгоритмов, показатели качества для режимов ПК и ОК, их сравнительный анализ.

Относительно «подхода» к построению обнаружителей слабых оптических сигналов в условиях неопределенности вида оптического контраста можно высказать следующее:

– если точно известно, что работа будет происходить при либо ПК, либо ОК, то и алгоритмы строятся отдельно для каждого вида контраста. Т.е. строго надо иметь два отдельных не связанных между собой алгоритма обработки,

– если в процессе работы имеет место априорная неопределенность относительно вида контраста, когда он может быть и ПК, и ОК, или сначала ПК, а затем ОК, и наоборот, то и алгоритм должен без перестройки обеспечивать работу в этих условиях. Т.е. быть «совмещенным», в плане определенного совмещения структур алгоритмов при двух контрастах – ПК и ОК.

В соответствии с критерием Немана – Пирсона вычисляется логарифм отношения правдоподобия, определяющий алгоритм оптимальной обработки СПП.

При ПК и ОК оптимальный алгоритм включает измерение времени поступления фиксированного количества точек СПП и сравнение этой величины с левосторонним порогом решения для ПК, и с правосторонним порогом решения для ОК. Решение о принятии альтернативы 1 принимается, если указанное время меньше порога решения, о принятии альтернативы 2 – больше своего порога решения. Заметим, что алгоритмы обработки при ПК и ОК отличаются только порогами решения: левосторонний и правосторонний. Поэтому ПОК-алгоритм обработки при неопределенности относительно вида контраста в целом можно получить их объединением с учетом порогов решения. Т.е. содержать следующие операции: измерение времени поступления фиксированного количества точек СПП и сравнение этой величины с порогами решения. Это сравнение ведется «непрерывно». Но если по каким-либо причинам надо работать в условиях либо ПК, либо ОК, то в структурную схему алгоритма надо ввести операцию переключения «режимов работы» («ПК» или «ОК»), обеспечивающую подключение соответствующего порога решения.

В работе получены показатели качества ПОК-алгоритма. Ими являются ошибки 1-го рода и мощность алгоритма. Расчеты показывают, что в одинаковых условиях работа ПОК-алгоритма в целом эффективнее в режиме «ОК», величина эффективности возрастает с уменьшением ошибки 1-го рода и увеличением отношения плотностей пуассоновских потоков при гипотезе и альтернативе.

Изучена устойчивость показателей качества работы ПОК-алгоритма к увеличению интенсивности СПП при гипотезе для различных режимов.

Для мощности алгоритмов 0,9, ошибок 1-го рода  $10^{-4}$  и  $10^{-6}$  имеем следующее:

– при возрастании интенсивности СПП при гипотезе на 1 % для режима ПК – увеличение ошибок 1-го рода в 6,4 и 16,6 раз соответственно; для режима ОК – уменьшение ошибок 1-го рода в  $9,9 \cdot 10^{-2}$  и  $3 \cdot 10^{-2}$  раз.

– при возрастании интенсивности СПП при гипотезе на 2 % для режима ПК – увеличение ошибок 1-го рода в 32,7 и 195,2 раз; для режима ОК – уменьшение ошибок 1-го рода в  $7,4 \cdot 10^{-3}$  и  $6,1 \cdot 10^{-4}$  раз.

Очень важный практический вывод при решении задачи обнаружения слабого оптического сигнала, который в открытой литературе не встречается. Если в реальном ПОК-процессоре, построенном на базе ПОК-алгоритма, наблюдение за объектом идет при ПК и интенсивность фона, на котором он наблюдается, возросла, то, если есть возможность, надо переходить в режим ОК. В этом случае искусственное увеличение интенсивности фона только облегчает процесс обнаружения.

Подчеркнем, ПОК-процессор в описанном варианте использования имеет свойства не просто устойчивости (как известный ПУЛТ-процессор), а улучшения показателей качества за счет внешнего воздействия.

В доступной авторам литературе пока такому свойству не дано определение?

В связи с этим для неопределенных условий положительного и отрицательного контрастов ПОК-процессор оказывается предпочтительнее применения более сложного ПУЛТ-процессора, обеспечивающего устойчивость за счет адаптации порога обнаружения.

УДК 004.89

Н. В. Пацей, доц., канд. техн. Наук;

И.Г. Сухорукова, ст. преп.; О. Л. Панченко, ассист. (БГТУ, г. Минск)

## **МОДЕЛЬ КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО НЕСКОЛЬКИМ МЕТКАМ И КЛАССАМ**

Некоторые задачи классификации требуют прогнозирования более чем одной метки класса. Это означает, что метки класса или принадлежность классу не исключают друг друга. Задача классификации помечает каждый образец  $x$  метками из возможных классов  $n\_classes$ , где  $x$  может быть от 0 до  $n\_classes$  включительно. Формально двоичный вывод назначается каждому классу для каждой выборки. Многозначная или классификация по нескольким меткам обрабатывает несколько классов одновременно, учитывая коррелированное поведение между ними.

Например, изображение может содержать один тематический класс объектов (корабль, лес и т. д), а могут несколько одновременно (дом и поле). Количество меток (свойств) и количество классов для каждой метки может быть больше 2-х (рис. 1).