

МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ АДАПТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В СРЕДСТВАХ ОБНАРУЖЕНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ (Часть 1. Варианты структур адаптивного средства обнаружения)

Аннотация.

Актуальность и цели. Объектом исследования являются адаптивные средства обнаружения движущихся наземных объектов. Предметом исследования являются методы построения адаптивных алгоритмов обработки информации. Цель – разработка методов, составляющих основу методологии построения адаптивных средств обнаружения движущихся наземных объектов.

Материалы и методы. Исследования выполнены с использованием методов распознавания образов и математической статистики.

Результаты. На основе экспериментальных данных показано влияние помеховых факторов на изменение признаков описаний классов. Предложены варианты структуры построения адаптивных средств обнаружения.

Выводы. Предложенные подходы составляют основу методологии построения адаптивных средств обнаружения движущихся наземных объектов и могут быть использованы при разработке новых и модернизации существующих средств обнаружения для повышения их эффективности при работе в условиях воздействия изменяющихся внешних факторов.

Ключевые слова: средства обнаружения, решающие правила, предсказание.

М. А. Mitrokhin

METHODOLOGY OF BUILDING ADAPTIVE ALGORITHMS OF INFORMATION PROCESSING FOR MOVING GROUND OBJECT SENSORS (Part 1. Structure variants of adaptive sensors)

Abstract.

Background. The research object is moving ground object adaptive sensors. The research subject is methods of building adaptive algorithms of information processing. The aim of the work is develop methods, forming a foundation of the methodology of building moving ground object adaptive sensors.

Materials and methods. The research was carried out using methods of image recognition and mathematical statistics.

Results. On the basis of experimental data the author has shown the influence of interference on changes of class tags. The article suggests structure variants of adaptive sensors.

Conclusions. The suggested approaches form the foundation of the methodology of building moving ground object adaptive sensors and may be used in development of new sensors and modernization of the existing ones for efficiency improvement, when operating under the influence of changing external factors.

Key words: detection unit, decision rule, prediction.

Введение

Средства обнаружения (СО), входящие в состав охранных систем, являются важнейшей их частью. Особенность работы таких систем – автоном-

ность и длительный период функционирования (от месяца до нескольких лет). Основным назначением СО [1] является определение факта несанкционированного вторжения в охраняемую зону человека, группы людей или транспортного средства. Задача обнаружения чаще всего ставится как задача двухклассовой классификации с классами «помехи» и «объекты обнаружения». Существует два типа СО – активные и пассивные. Активные генерируют поля различной физической природы в пределах зоны обнаружения и регистрируют изменение параметров полей под воздействием объекта обнаружения. Пассивные СО регистрируют параметры окружающей среды и обнаруживают нарушителя по изменению этих параметров. Для этого СО непрерывно анализирует информацию, поступающую с чувствительных элементов, выделяя информативные параметры, называемые признаками, по значениям которых принимается решение об обнаружении объекта. Основным достоинством пассивных СО перед активными является скрытность их функционирования [2], а существенным недостатком – невысокая помехоустойчивость. Каждое из оцениваемых значений информативного параметра включает информативную и шумовую составляющие, причем шумовая составляющая может быть сравнима по мощности с информативной. В отличие от активных СО, в пассивных отсутствует возможность увеличивать мощность информативной составляющей. Шумы являются суммой воздействующих помеховых факторов, в числе которых наиболее существенное влияние оказывают метеорологические явления (ветер, осадки, грозы и т.д.) [3]. Если рассматривать значения признаков как случайные величины, то распределения, построенные для одного признака, при различных воздействующих факторах могут существенно отличаться. Кроме того, характеристики некоторых из воздействующих помех могут существенно изменяться с течением времени, особенно на длительных интервалах времени, что приводит к «размыванию» классов в пространстве признаков и, как следствие, к изменению зоны чувствительности пассивных СО и появлению ложных срабатываний.

1. Влияние внешних факторов на вариацию информативных параметров

Рассмотрим на примере задачи обнаружения движущегося нарушителя (человека и группы людей) по сейсмическому сигналу, как влияют внешние факторы на вариацию информативных параметров.

В качестве информативных параметров сейсмических сигналов для решения задачи обнаружения могут быть выбраны логарифм амплитуды огибающей сигнала и количество локальных экстремумов в окне сигнала конечной длительности, отнесенное к длине окна. Амплитуда огибающей является энергетической характеристикой сигнала, а количество экстремумов характеризует частотный состав сигнала.

Экспериментальные данные получены на лугу за пределами города (в 9 км от г. Пензы). Место установки записывающего оборудования располагается на расстоянии 2,3 и 2,9 км от федеральных автомобильных трасс Р-209 и Р-158 соответственно. Запись производилась сейсмическими датчиками геофонного типа. Записи сигналов человека и группы людей производились при проходах на расстояниях 1–150 м от места установки датчиков; способы

передвижения – медленная и быстрая ходьба, бег. Запись сигналов помех производилась в течение двух недель. За период записи сигналов помех средняя скорость ветра не превышала 4 м/с, наблюдались осадки в виде дождя различной интенсивности.

Выборочные плотности распределения логарифма амплитуды огибающей сигналов помех и объектов показаны на рис. 1,а, количества экстремумов – на рис. 1,б.

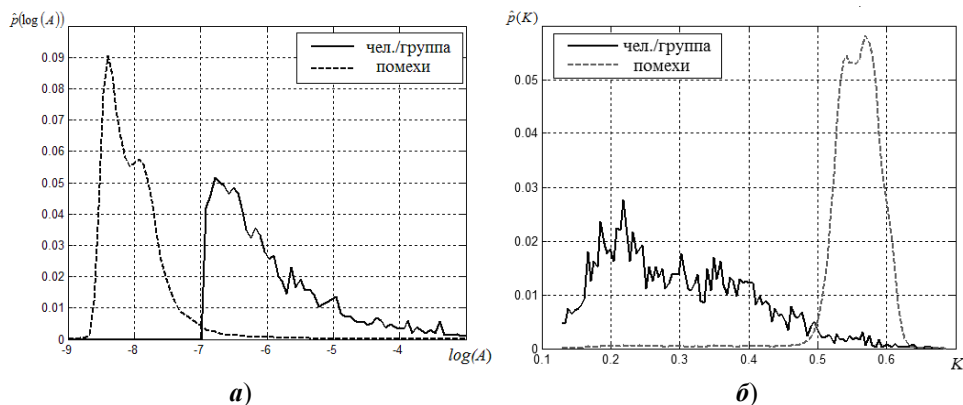


Рис. 1. Выборочные плотности распределения логарифма амплитуды огибающей сигналов (а) и количества экстремумов (б), вычисленные по сигналам объектов и помех

Из рис. 1 видно, что распределения признаков значительно пересекаются, что приводит при применении алгоритмов распознавания образов в задаче классификации к высокому значению суммарной вероятности ошибки принятия решения, определяемой как сумма вероятностей пропуска цели и ложного срабатывания $P_{\text{ош}} = P_{\text{лс}} + P_{\text{шл}}$.

Признаки класса «помехи» вычислялись по сигналам, полученным при воздействии различных помеховых факторов (сейсмический фон, ветер, дождь), каждый из которых вносит вклад в изменение распределения класса. Изменение признаков описаний классов при воздействии внешних факторов будем называть смещением концепта.

Если рассматривать распределения помеховых факторов по отдельности (рис. 2), то можно заметить, что при решении задачи классификации по отдельным составляющим класса «помехи» может быть получено меньшее значение суммарной вероятности ошибки принятия решения.

Анализ изменения признаков во времени показывает, что факторы, вносящие наибольший вклад в суммарную вероятность ошибки классификации, действуют значительно более короткое время. Так, например за 330 ч записи помеховых сигналов ветер со скоростью более 2 м/с воздействовал в течение менее 40 ч, осадки в виде дождя наблюдались в течение менее 30 ч. Следовательно, суммарную вероятность ошибки принятия решения в отдельные моменты времени можно значительно уменьшить, если правило принятия решения формировать на основе текущей информации, а не «средней», имеющейся на этапе разработки алгоритма.

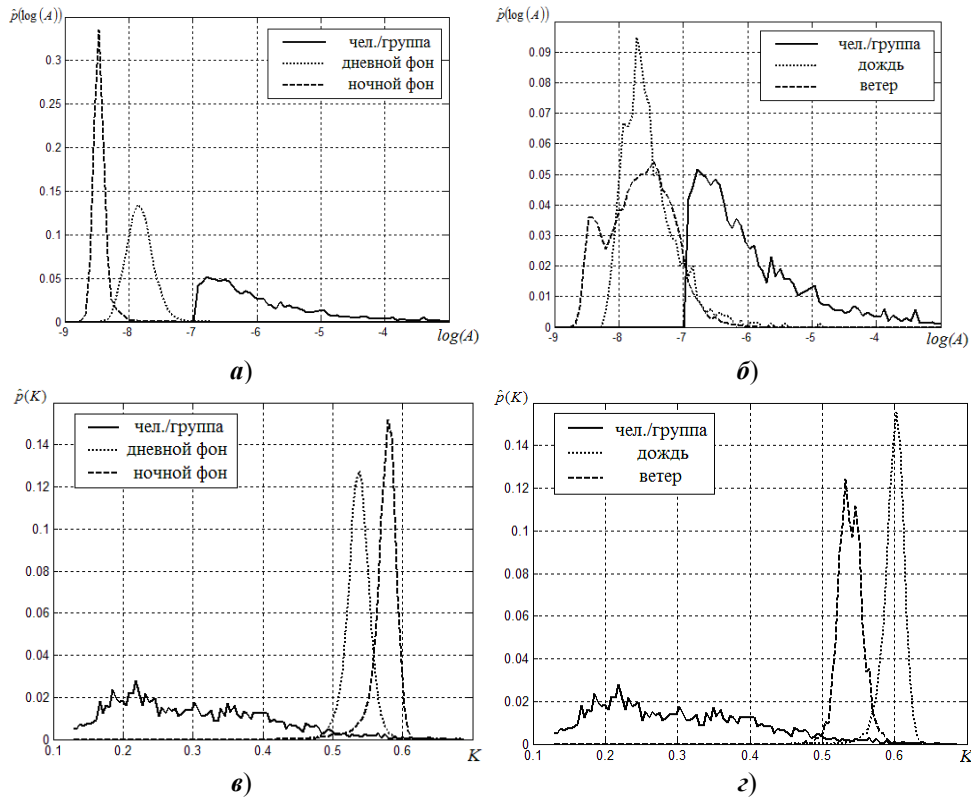


Рис. 2. Выборочные плотности распределения логарифма амплитуды огибающей сигналов (а, б) и количества экстремумов (в, г), вычисленные по сигналам при воздействии различных факторов класса «помехи» и объектов

Таким образом, при наличии смещения концепта возникает задача адаптации алгоритма принятия решения, заложенного в СО к текущим условиям функционирования. Методология построения адаптивных СО в настоящее время отсутствует.

Цель методологии построения адаптивных СО можно сформулировать следующим образом: организация процесса создания СО и обеспечение управления этим процессом для того, чтобы обеспечить оптимальные значения тактико-технических характеристик СО, функционирующего в изменяющихся условиях в том числе при воздействии помеховых факторов. Оптимальное значение при этом может доставляться одному из показателей эффективности СО – вероятности обнаружения, ложных срабатываний, размерам зоны обнаружения и т.д., а созданное в рамках методологии СО должно обеспечивать экстремальное значение выбранного критерия в текущих условиях функционирования.

Основные задачи, решение которых должна обеспечивать методология создания адаптивных СО:

- создание СО, отвечающих поставленным целям и задачам;
- гарантия создания СО, функционирующего в течение заданного времени с параметрами, обеспечивающими оптимальные по какому-либо критерию значения тактико-технических характеристик;

– обеспечение возможности использования создаваемого СО в составе существующих систем. Так как СО должны функционировать автономно без непосредственного вмешательства оператора, то не могут быть использованы методы переобучения с учителем.

Средства обнаружения объектов при функционировании регистрируют параметры окружающей среды, изменяющиеся под воздействием объектов обнаружения и внешних факторов с течением времени, поэтому признаки описания классов «помехи» и «объекты» представляют собой совокупность траекторий (взаимосвязанных точек). В общем случае методология построения адаптивного СО при использовании в нем в качестве элемента, принимающего решения, алгоритмов распознавания образов, может включать несколько подходов.

Первый подход основан на предобработке траекторий динамических описаний объектов для вычисления «статических» признаков описаний классов и использовании стандартных методов теории распознавания образов.

Второй подход предполагает разработку новых или модификацию существующих алгоритмов теории распознавания образов, способных менять свои параметры или структуру для учета динамики функционирования СО.

2. Структура адаптивных средств обнаружения движущихся наземных объектов

Типовая схема средств обнаружения движущихся объектов (рис. 3) содержит элементы, структура и параметры которых определяются на этапе разработки. Параметры таких элементов корректируются под конкретные условия в момент установки СО и остаются неизменными в течение всего периода функционирования. Будем называть такие элементы статическими.

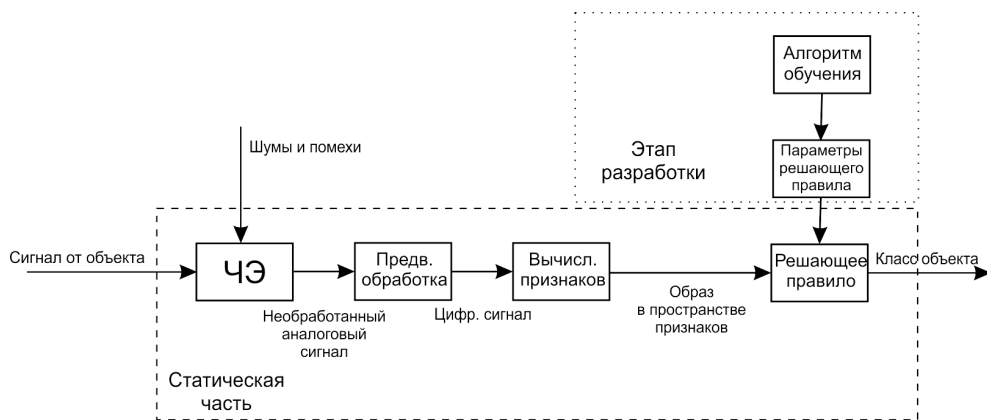


Рис. 3. Типовая структурная схема средств обнаружения движущихся наземных объектов

Изменяющиеся условия функционирования и воздействующие помехи приводят к неоптимальному функционированию СО в некоторые моменты времени, так как на этапе разработки параметры и структура элементов СО определялись исходя из минимизации средней по имеющейся информации ошибки принятия решения. Поступающая при функционировании информация должна быть использована для изменения параметров элементов СО для

минимизации текущей ошибки принятия решения, т.е. в структуре СО должны выделяться динамические элементы. Кроме того, необходимы методы, позволяющие определять значимость поступающей информации и необходимость ее использования для изменения параметров элементов СО.

Таким образом, в структурной схеме адаптивного СО можно выделить статическую и динамическую части. При этом возможны два варианта реализации структурной схемы.

Первый вариант (рис. 4) предполагает использование подхода, основанного на приведении изменяющихся под воздействием внешних условий признаков описаний классов к статическому виду, т.е. устранению смещения концепта на этапе вычисления признаков. Так как признаки представляют собой изменяющиеся во времени последовательности значений, являющиеся суммой полезного сигнала и сигнала, вызванного воздействием помеховых факторов, то данный вариант адаптивного СО предусматривает «очищение» признаков от составляющих, являющихся результатом действия помеховых факторов и применение стандартных методов теории распознавания образов к полученным статическим описаниям классов.

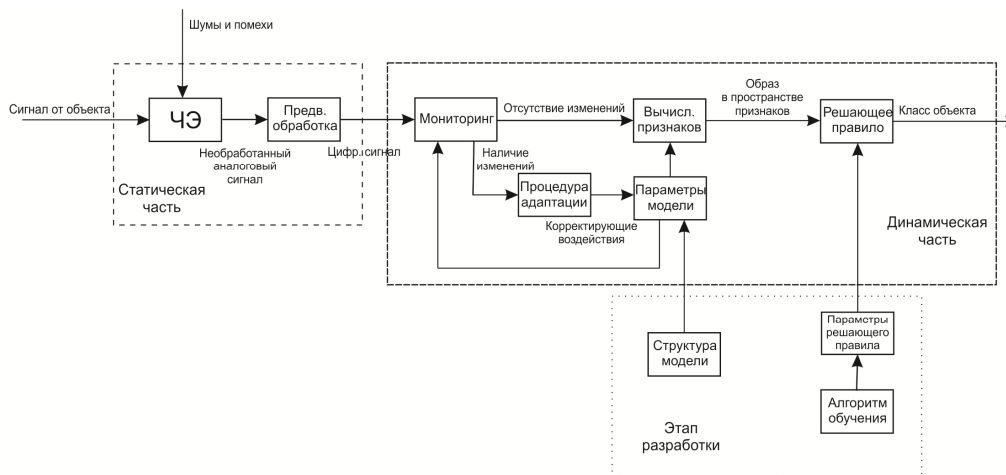


Рис. 4. Обобщенная структурная схема адаптивного СО, основанного на предобработке траекторий динамических описаний объектов

Процедура вычисления статических признаков может осуществляться с использованием модели изменения признака при воздействии помех. Структура такой модели должна определяться на этапе проектирования СО на основе априорной информации или теоретических предпосылок, а ее параметры могут корректироваться в процессе функционирования. Так, например, если признак подвержен воздействию периодической помехи, то модель должна содержать периодическую компоненту, период которой будет уточняться по текущим данным, полученным на этапе функционирования СО. Процедура адаптации заключается в корректировке параметров модели. Для определения несоответствия параметров модели текущей информации в структуре СО выделяется элемент, реализующий процедуру мониторинга.

Таким образом, для реализации данного варианта структуры адаптивного СО необходимо определить критерии несоответствия модели текущей

информации, методы определения структуры модели и корректировки ее параметров.

Второй вариант реализации структуры адаптивного СО (рис. 5) основан на использовании адаптивных решающих правил, подстраиваемых под условия функционирования.

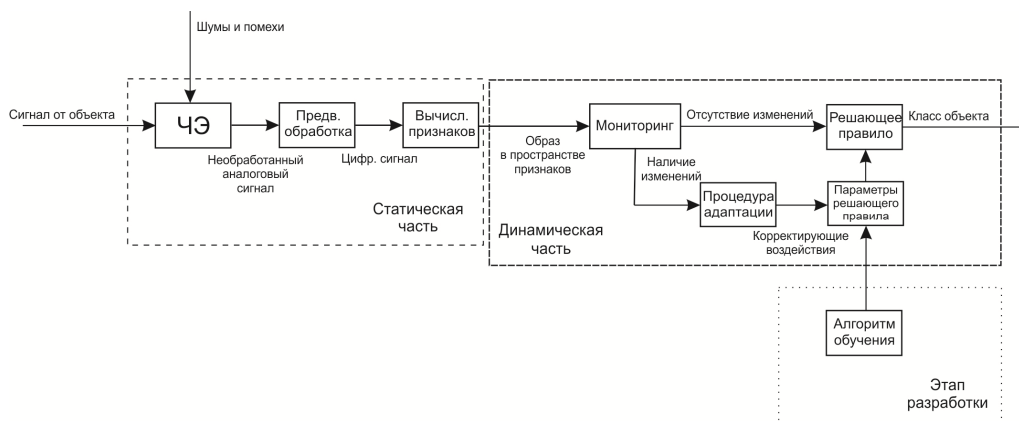


Рис. 5. Обобщенная структурная схема адаптивного СО, основанного на адаптивном правиле принятия решений

В данном варианте структуры адаптивного СО устанавливается факт изменения признакового описания классов (т.е. смещения концепта) и процедура адаптации подстраивает параметры решающего правила под текущий концепт. Процедура мониторинга должна содержать индикаторы смещения концепта и критерии отнесения его к одному из видов (скачкообразный, эволюционный, циклический или виртуальный). Адаптация в данном случае заключается в изменении параметров решающего правила в соответствии со специально разработанными методами.

Заключение

В первой части статьи проведен анализ влияния внешних факторов на вариацию информативных параметров и показатель эффективности решения задачи классификации. В результате анализа установлено, что внешние факторы вызывают смещения концепта, что приводит к неоптимальному решению задачи классификации. Предложены два подхода к построению адаптивных СО движущихся наземных объектов, функционирующих в изменяющихся условиях и структурные схемы для их реализации.

Список литературы

1. Магауенов, Р. Г. Системы охранной сигнализации: основы теории и принципы построения : учеб. пособие / Р. Г. Магауенов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – 367 с.
2. Звездинский, С. С. Проблема выбора периметровых средств обнаружения / С. С. Звездинский // Безопасность Деловой Информации. – 2002. – № 4 (44). – С. 36–41.
3. Двойрис, Л. И. Результаты полигонных испытаний по исследованию устойчивости современных средств обнаружения к воздействию метеорологических по-

мех / Л. И. Двойрис, Д. В. Луценко, Р. А. Михайлов, В. С. Завьялов // Радиотехника. – 2013. – № 2. – С. 95–97.

References

1. Magauev R. G. *Sistemy okhrannoy signalizatsii: osnovy teorii i printsipy postroeniya: ucheb. posobie* [Intrusion protection systems: theoretical bases and construction principles: tutorial]. Moscow: Goryachaya liniya – Telekom, 2007, 367 p.
2. Zvezhinskiy S. S. *Bezopasnost' Delovoy Informatsii* [Business information safety]. 2002, no. 4 (44), pp. 36–41.
3. Dvoyris L. I., Lutsenko D. V., Mikhaylov R. A., Zav'yalov V. S. *Radiotekhnika* [Radio engineering]. 2013, no. 2, pp. 95–97.

Митрохин Максим Александрович

кандидат технических наук, доцент,
кафедра автономных информационных
и управляющих систем, Пензенский
государственный университет (Россия,
г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: aius@pnzgu.ru

Mitrohin Maksim Aleksandrovich

Candidate of engineering sciences, associate
professor, sub-department autonomous
information and control systems,
Penza State University (40 Krasnaya
street, Penza, Russia)

УДК 004.93::004.942

Митрохин, М. А.

Методология построения адаптивных алгоритмов обработки информации в средствах обнаружения движущихся наземных объектов (Часть 1. Варианты структур адаптивного средства обнаружения) / М. А. Митрохин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2015. – № 4 (36). – С. 46–53.