

УДК 621.396.96

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИНЫ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОТОЖДЕСТВЛЕНИЯ ПЕЛЕНГОВ

А.С. БЕЛЫЙ, А.В. ХИЖНЯК, Д.С. ШАРАК

Военная академия Республики Беларусь
Минск-57, 220057, Беларусь

Поступила в редакцию 23 июня 2015

В настоящее время широкое применение находят оптико-электронные комплексы обнаружения и сопровождения воздушных объектов. Информация от таких модулей представляет собой пеленги на сопровождаемый объект. Обработка такого рода информации в автоматизированных системах контроля воздушного пространства является наименее проработанной задачей ввиду новизны такого рода источников информации. Предлагается подход к решению задачи отождествления пеленгов, полученных от оптико-электронных источников, основанный на применении аппарата теории нечетких множеств.

Ключевые слова: отождествление пеленгов, оптико-электронные источники, машина нечеткого вывода.

Введение

Задача сбора и обработки информации о воздушных объектах (ВО) является одной из преобладающих в существующих системах контроля воздушного пространства. Качество решения данной задачи оказывает непосредственное влияние на функционирование автоматизированных систем управления (АСУ) в целом, и на качество решения задач управления в частности.

Современные АСУ позволяют получать информацию от большого числа разнотипных источников. В настоящее время за рубежом широкое применение находят оптико-электронные комплексы обнаружения и сопровождения воздушных объектов [1]. На сегодняшний момент наиболее перспективными являются комплексы обнаружения и сопровождения воздушных объектов на малых и предельно малых высотах построенные на базе инфракрасных пеленгаторов. Информация от таких комплексов представляет собой пеленги на сопровождаемый объект. Таким образом, решение задачи обработки больших объемов информации о пеленгах в современных и перспективных комплексах средств автоматизации (КСА) является актуальной.

Постановка задачи

В настоящее время наиболее широкое распространение получили только несколько методов обработки пеленговой информации (триангуляционные, корреляционно-базовые и др.). В современных КСА наиболее широко используются триангуляционный [2]. Определение пространственного положения ВО данным методом предполагает попадание объекта в область перекрытия зон обнаружения не менее двух источников информации и наличие двух пеленгов. В этом случае пространственное положение объекта определяется как точка пересечения пеленгов. В то же время при попадании в такую область двух и более целей возникают ложные точки пересечения пеленгов. Это объясняется тем, что число пересечения пеленгов определяется квадратом числа ВО попавших в область перекрытия зон обнаружения. Таким образом, возникает задача идентификации ложных и истинных точек пересечения и

дальнейшего определения варианта отождествления пар пеленгов (рис. 1). Данную задачу также можно рассматривать как задачу отождествления пеленгов, т.е. определения пар пеленгов полученных от разных источников, точка пересечения которых является истинной.

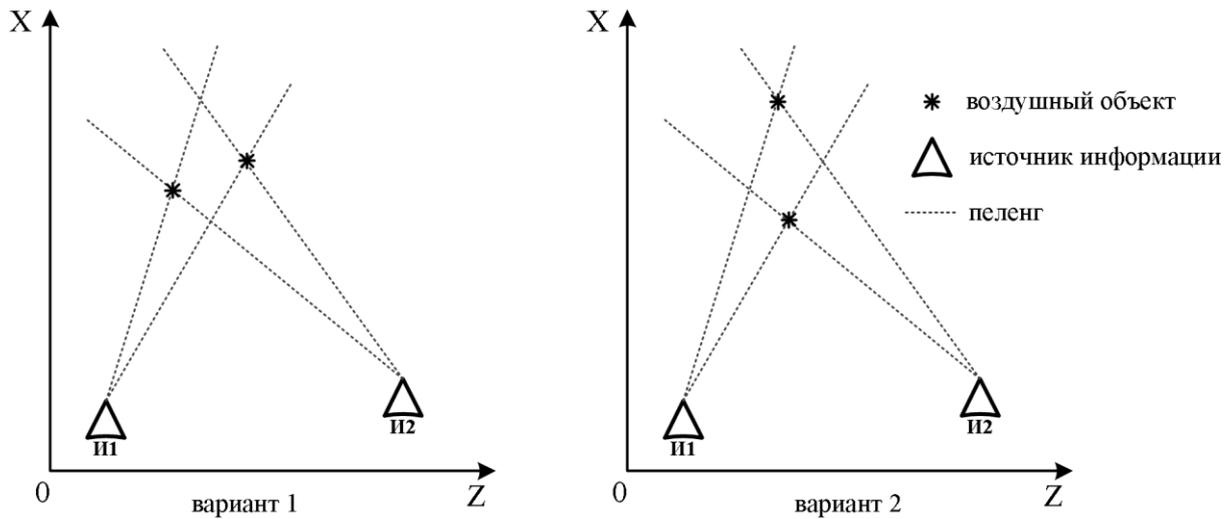


Рис. 1. Варианты отождествления пеленгов

Анализ методов отождествления пеленговой информации в КСА [2] показал, что качественное решение данной задачи возможно только при наличии пеленгов от третьего источника, что предполагает создание тройного перекрытия зон обнаружения источников пеленговой информации. Построение таких зон на основе оптико-электронных комплексов разведки воздушного пространства является нецелесообразным ввиду их относительно небольшой дальности обнаружения (20–30 км). Таким образом, возникает задача разработки новых методов отождествления пеленгов при решении задачи обработки пеленговой информации от оптико-электронных комплексов разведки воздушного пространства в АСУ.

Отождествление пеленгов на основании машины нечеткого вывода

Для выявления характерных особенностей изменения параметров траекторий, построенных на основе ложных и истинных точек пересечения пеленгов, в процессе их сопровождения была разработана имитационная модель. В результате имитационного моделирования было выявлено, что параметры траекторий, сформированных ложными точками пересечения пеленгов, значительно отличаются от параметров траекторий, сформированных истинными точками пересечения. Для случая двух целей, движущихся равномерно, были получены следующие зависимости значения параметров скорости и ускорения (рис. 2).

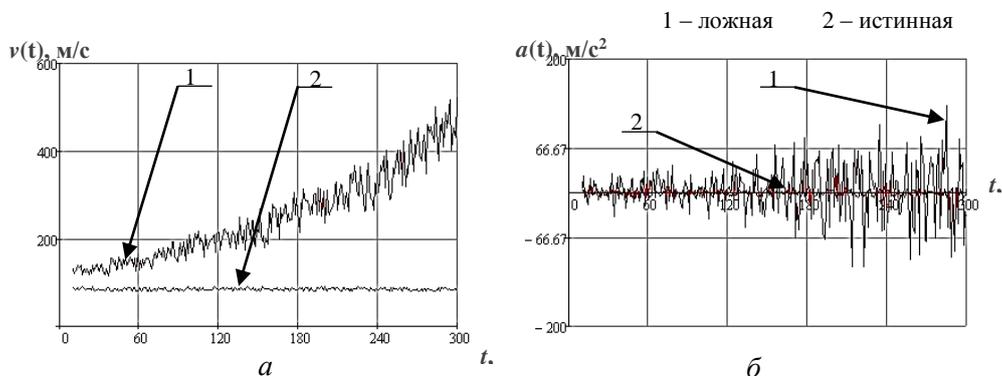


Рис. 2. Сравнительная характеристика параметров скорости (а) и ускорения (б) для ложных и истинных траекторий

Параметры скорости (рис. 2, а) и ускорения (рис. 2, б) для ложной траектории принимают значения, не характерные для аэродинамических воздушных объектов. Таким

образом, выявление ложных точек пересечения пеленгов может быть произведено на основе оценки параметров траекторий.

Графические зависимости, характеризующие изменение траекторных параметров ВО, при различных условиях наблюдения показали, что применение традиционных методов затруднительно ввиду сложности формализации критериев оценки. Это обусловлено большой вариативностью поведения параметров ложных и истинных траекторий для различных ситуаций.

Анализ литературы показал, что в настоящее время для решения таких задач широко применяются алгоритмы, основанные на применении методов теории нечеткой логики [3, 4]. Основными преимуществами данных методов по сравнению с традиционными являются:

- высокое быстродействие алгоритмов;
- возможность нечеткой формализации критериев оценки и сравнения;
- возможность проведения качественных оценок как входных данных так и выходных результатов;
- возможность получения новых знаний на основе неполных или приближенных данных.

Одним из способов решения задачи выявления ложных траекторий на основе методов нечеткой логики является применение алгоритма машины нечеткого вывода, основными этапами которого являются [5]:

- 1) формирование базы правил систем нечеткого вывода;
- 2) фаззификация входных переменных;
- 3) агрегирование подусловий в нечетких правилах продукций;
- 4) активизация (композиция) подзаклучений в нечетких правилах продукций;
- 5) вывод заключений нечетких правил продукций (дефаззификация).

База правил представляет собой набор правил вида «ЕСЛИ ... ТО ...», где в качестве условий и заключений используются нечеткие высказывания. Для решения задачи определения ложных точек пересечения пеленгов была сформирована следующая база правил:

- ЕСЛИ скорость большая ТО траектория ложная;
- ЕСЛИ значение скорости близко к нулю ТО траектория ложная;
- ЕСЛИ дисперсия ускорения большая ТО траектория ложная.

На этапе фаззификации производится нахождение значений функций принадлежности $b_i = \mu(\alpha_i)$ нечетких множеств (термов) на основе обычных (не нечетких) исходных данных $A = \{a_1, \dots, a_m\}$.

На этапе агрегирования подусловий производится определение степени истинности условий для каждого правила системы нечеткого вывода. На этапе активизации находятся степени истинности каждого из подзаклучений правил нечетких продукций:

$$\mu'(x) = \min\{c_i, \mu(x)\}, \quad (1)$$

где $C = \{c_1, c_2, \dots, c_q\}$ – множество степеней истинности, q – общее количество подзаклучений в базе правил.

На этапе дефаззификации на основании результатов активизации всех выходных лингвистических переменных, находится значение выходной переменной:

$$y = \frac{\int_{Min}^{Max} x \cdot \mu(x) dx}{\int_{Min}^{Max} \mu(x) dx}, \quad (2)$$

где y – результат дефаззификации, Max, Min – левая и правая точки интервала носителя нечеткого множества рассматриваемой выходной переменной.

Выходом машины нечеткого вывода является степень принадлежности каждой точки пересечения пеленгов к классу «ложная траектория». На основании полученных значений может быть получена матрица принадлежности для каждой пары пеленгов двух источников (табл. 1, где $\Pi_{i,j}$ – j -ый пеленг от i -го источника).

Таблица 1. Матрица принадлежности

Обозначение пеленгов	$\Pi_{1,1}$	$\Pi_{1,2}$	$\Pi_{1,3}$
$\Pi_{2,1}$	0,17	0,81	0,92
$\Pi_{2,2}$	0,68	1	0,23

При составлении матрицы также необходимо учитывать попадание точек пересечения пеленгов в зоны обнаружения источников. Для таких точек в матрице принадлежности принимается значение 1, что соответствует однозначной принадлежности точки пересечения пеленгов к классу «ложная траектория».

Для нахождения пар пеленгов, точка пересечения которых образует истинную траекторию, необходимо для каждого пеленга «первого» источника найти такой пеленг «второго» источника, значение степени принадлежности для которых было бы минимальным. При этом необходимо учитывать, что каждому пеленгу одного источника ставится в соответствие единственный пеленг второго источника. Таким образом, для нахождения пар пеленгов, образующих истинную траекторию с наибольшей достоверностью, необходимо решить задачу о назначениях [6] одним из известных способов.

Так, для приведенной матрицы принадлежности (табл. 1) истинными являются точки пересечения, образованные пеленгами $\Pi_{2,1} : \Pi_{1,1}$ и $\Pi_{2,2} : \Pi_{1,3}$ (табл. 2). Пеленг $\Pi_{1,2}$ при этом считается неотожествленным.

Таблица 2. Решение задачи о назначениях для матрицы принадлежности

Обозначение пеленгов	$\Pi_{1,1}$	$\Pi_{1,2}$	$\Pi_{1,3}$
$\Pi_{2,1}$	0,17	0,81	0,92
$\Pi_{2,2}$	0,68	1	0,23

Таким образом, решение задачи отождествления пеленгов на основе машины нечеткого вывода может быть реализовано по следующей методике.

1. Расчет параметров траекторий, полученных на основе всех точек пересечения пеленгов.
2. Расчет значений степеней принадлежности точки пересечения пеленгов к ложной траектории для всех пар пеленгов, с применением машины нечеткого вывода.
3. Формирование матрицы принадлежности.
4. Решение задачи о назначениях для матрицы принадлежности.

Заключение

В статье предложена методика отождествления пеленгов на основе машины нечеткого вывода, которая позволяет повысить качество решения задачи обработки пеленговой информации в АСУ при использовании в качестве источников информации оптико-электронных комплексов разведки воздушного пространства.

Отличительной особенностью данной методики является отсутствие необходимости пеленгов от третьего источника для качественного решения задачи отождествления пеленгов.

FUZZY SET MACHINE APPLICATION FOR THE SOLUTION OF THE DIRECTION IDENTIFICATION PROBLEM

A.S. BELY, A.V. KHIZHNIAK, D.S. SHARAK

Abstract

Wide application of air objects detection and tracking is found by optiko-electronic complexes nowadays. The information from such modules represents directions on the accompanied object. The processing of such kind information in the automatized control system of air space is the least developed problem in an aspect of such kinds information novelty sources. The solution approach of the directions identification problem received from the optiko-electronic sources, based on the fuzzy sets application is offered.

Список литературы

1. *Московченко Л.В., Тушиков В.А., Лысенко Э.Л.* // Национальная оборона. 2012. №9. С. 60–61.
2. *Янцев А.П.* // Основы обработки и передачи информации. М., 1978.
3. *Вятчин Д.А.* // Нечеткие методы автоматической классификации. Минск, 2004.
4. *Gustafson D.E., Kessel W.C.* // Advances in Fuzzy Set and Applications. Amsterdam, 1979.
5. *Вахитов А.Р., Силич В.А.* // Известия Томского политехнического университета. 2010. № 5. С. 171–174.
6. *Банди Б.* // Основы линейного программирования. Москва, 1989.