

УДК 004.89: 621.396

С.В. Солонская<sup>1</sup>, В.В. Жирнов<sup>2</sup><sup>1</sup> Харьковский национальный автомобильный университет, Харьков<sup>2</sup> Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

## ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ОБНАРУЖЕНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ

В работе рассматривается задача обработки радиолокационных сигналов в интеллектуальной системе обнаружения и распознавания воздушных объектов. Данная статья посвящена разработке технологии обработки сигналов на основе математического аппарата алгебры предикатов. Предложен метод, который позволяет наблюдать динамику изменения изображения в течение нескольких обзоров радиолокационной станции. Представлена модель в виде дискретных выборок – элементов обработки по дальности и азимуту, введена система предикатных признаков, чтобы описать ситуацию вокруг анализируемого элемента обработки. Из анализа динамики поведения предикатных признаков в элементе обработки и в соседних элементах принимается решение о распознавании отметки воздушного объекта.

**Ключевые слова:** обработка сигналов, интеллектуальная система, воздушный объект, мешающее отражение, радиолокационная станция, человек-оператор.

### Введение

В известных системах обработки радиолокационных сигналов [1 – 3] существуют операции, основанные на анализе информации текущего и нескольких предыдущих циклов обзора пространства радиолокационной станцией. В этих системах, как правило, недостаточно используются алгоритмы, в основе которых лежит модель человека–оператора, и связанные с возможностью параллельного восприятия информации с последующим принятием решения по анализу квалификационных признаков.

**Анализ публикаций** показывает, что в понятие «интеллектуальные системы» [4, 5] вкладывают различный смысл, в частности, интеллектуальными считают системы, которые могут решать весь комплекс задач, выполняемых человеком–оператором, или осуществляют поддержку принятия решений.

В системах мониторинга воздушного пространства используют методы обнаружения и распознавания сигналов [6-8]. К основным понятиям этих методов относятся: обучающее множество (набор известных прецедентов); экзаменуемое множество (набор объектов или явлений, которые сравниваются с уже известными прецедентами); признаки (качественные и количественные характеристики обучающего множества); решающее правило (алгоритм, позволяющий отнести экзаменуемый объект к одному из классов); обучение (процедура, приводящая к формулировке решающего правила). Существуют методы логического распознавания [6], в которых обработка информации выполняется согласно четко определенному алгоритму с целью выделения ценной информации. Основная сложность в методах логического распознавания образов состоит в низ-

кой автоматизации процессов обработки данных, в том числе, в системах обнаружения и распознавания сигналов объектов. Основным преимуществом алгоритмов, в основе которых лежит модель человека-оператора, является вариативный комплексный анализ пространственно-временной картины, отображаемой на экране индикатора [14].

**Цель и задачи исследования.** Обнаружение и распознавание геометрических образов трасс воздушных объектов – это преобразование информации, содержащейся в изображениях, с целью выделения важнейших отличительных признаков с точки зрения той или иной конкретной задачи. Сигнал – это совокупность первичных признаков, т.е. результатов непосредственных измерений или наблюдений. В системах обнаружения и распознавания радиолокационных отметок сигналом является совокупность выходов (отраженных импульсов) приемных элементов или отметок (пачек импульсов) как результата сканирования антенной системой. Сигнал или зависящие от него вторичные признаки служат исходными данными для принятия одного из возможных решений об объекте, например, о его принадлежности к одному из заданных классов.

В данном случае необходимо приблизить процедуру обработки сигналов к логике человека-оператора. Характерная особенность этой логики заключается в последовательном вовлечении в анализ ситуации всевозможных различительных признаков между отражениями от объектов и мешающими отражателями.

Задача обнаружения отметок сигналов подвижных объектов в данном случае трансформируется в задачу признаковой классификации (расознавания).

## 1. Материалы и оборудование, которые использовались в модельных экспериментах

Для исследования были использованы различные виды радиолокационного отраженного сигнала, полученные на обзорной радиолокационной станции (РЛС) сантиметрового диапазона (длительность импульса 1 мкс, частота зондирования 365 Гц, период обзора 10 с). Пространство радиолокационных отметок, сформированное в динамической памяти с искусственным послесвечением при предлагаемом способе обработки, обладает определенным распределением их расположения и амплитуд  $q_{ij}(r, \beta, t, T_o, \Delta)$ . Это распределение зависит от координат  $(r, \beta)$  расстояния и азимута до объекта локации, времени  $t$ , периода обзора РЛС  $T_o$  и параметра  $\Delta$  искусственного послесвечения (рис. 1). Такое распределение отметок полностью характеризует данное пространство как источник информации.

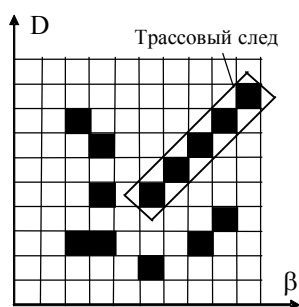


Рис.1. Модель трассового следа отметок подвижного объекта и мешающего фона

Изображение удаленных объектов на экране индикатора РЛС или на его эквиваленте в матричной памяти формируется в пределах одного обзора РЛС в виде отметок, а в пределах нескольких обзоров в зависимости от скорости перемещения лоцируемых объектов может сформироваться трассовый след. Размер отметки определяется импульсным объемом, то есть по дальности – длительностью импульса, а по азимуту – шириной диаграммы направленности (ДН) антенны. При этом существуют две отличительные особенности поведения отметок в пространстве и времени. Первая – существенные пространственные перемещения для создания трассового следа, в большей степени характерные для отметок от подвижных объектов и в меньшей степени от дискретных мешающих отражений (ДМО) «ангел-эхо». Вторая – флуктуации амплитуды, в большей степени присущие отметкам ДМО и в меньшей степени – отметкам подвижных объектов.

Рассмотрим возможные пространственные модели из совокупности отметок подвижного полезного объекта и дискретного мешающего отражателя. Как было отмечено ранее, пространство радиолока-

ционных отметок будем формировать в динамической памяти с искусственным послесвечением с возможностью создания трассового следа из отметок подвижного объекта.

Полагаем, что формируемый в памяти массив данных представляет собой прямоугольную матрицу амплитуд радиолокационного сигнала  $\|A\|$  размером  $M \times N$ . Каждый элемент матрицы  $a_{ij}$  жестко связан с соответствующим участком лоцируемой зоны соответственно, где  $i, j$  – номера элементов матрицы по дальности (D) и азимуту ( $\beta$ ).

Режим искусственного послесвечения в массиве амплитуд  $\|A\|$  осуществляется уменьшением величины амплитуды  $q_{ij}^{k-1}$  предыдущего  $(k-1)$ -го обзора на определенную величину  $\Delta$  в случае отсутствия сигнала в текущем  $k$ -м обзоре.

$$q_{ij}^k = q_{ij}^{k-1} - \Delta, \text{ при } q_{ij}^k = 0 \cap q_{ij}^{k-1} > 0 \quad (1)$$

Для таких условий модель трассового следа отметок подвижного объекта будет определяться как совокупность отметок вдоль направления движения с дискретностью, определяемой скоростью объекта  $V_o$  и временем обзора РЛС  $T_o$  (рис. 1).

Выделение отметок подвижных объектов на фоне ДМО предполагает выполнение операций накопления, как энергии полезного сигнала, так и информации о его трассовом следе в виде предикатных признаков и функций, сформированных за ряд обзоров РЛС. Для выполнения этих операций выделяется подвижная подматрица  $\|B\|$  размером  $k \times l$ , где  $k$  и  $l$  намного меньше  $m$  и  $n$ . Центр подматрицы или скользящего окна совпадает с текущими координатами локации. Размер скользящего окна выбирается, исходя из необходимого для анализа количества затухающих отметок в трассовом следе. Эффективности выделения отметок целей на фоне ДМО в основном определяется отношением сигнал/помеха, определяемом как :

$$g = [Q_s(t - (k - 1) \cdot T_s) - (k - 1) \cdot \Delta]^2 / Q_{ng}^2, \quad (2)$$

где  $Q_{ng}^2$  – дисперсия отметок мешающих отражений «ангел-эхо».

Анализ (2) показывает, что отношение сигнал/помеха  $g$  может достигать сколь угодно больших значений при уменьшении параметра затухания  $\Delta$ . Однако при этом повышается вероятность ложной тревоги за счет долго затухающих отметок ДМО, появившихся в предыдущих обзорах РЛС. По предварительным оценкам накопленной энергии сигнала и информации о формировании трассового следа за ряд обзоров РЛС видно, что при размерах скользящего окна порядка  $9 \times 9$  эффективность выделения отметок воздушных объектов при средних скоростях их движения на фоне ДМО наилучшая.

## 2. Технология обработки радиолокационных сигналов

В разработанную технологию входят операции формализации и анализа геометрического образа трасс воздушных объектов на основе математического аппарата алгебры предикатов [9 – 11].

Пусть  $M = \{q_{11}, q_{12}, \dots, q_{ij}, \dots, q_{mn}\}$  – фиксированное множество, представляющее собой прямоугольную матрицу  $\|A\|$  размерностью  $M \times N$ , состоящее из  $k = m \times n$  элементов – значений амплитуд сигналов в элементах обработки зоны обзора РЛС,  $B$  – некоторое из его подмножеств  $B \subseteq M$ , амплитуды сигналов  $q_{ij}$  которого превышают некие пороговые значения  $V_{ij}$ . Составляем набор логических элементов  $t_{ij}$  по следующему принципу: если  $q_{ij} \in B$ , то  $t_{ij} = 1$ ; если  $q_{ij} \notin B$ , то  $t_{ij} = 0$ ,  $i = \overline{1, m}$ ,  $j = \overline{1, n}$ . Предикат  $A(x)$  на множестве  $M$ , соответствующий множеству  $B$  элементов обработки, превысивших порог, с характеристикой  $(t_{11}, t_{12}, \dots, t_{ij}, \dots, t_{mn})$ , запишется формулой:

$$A(x) = t_{11}x^{q_{11}} \vee \dots \vee t_{mn}x^{q_{mn}} = \bigvee_{i=1, j=1}^{mn} t_{ij}x^{q_{ij}} \quad (3)$$

Здесь выражение  $x^{q_{ij}}$  – форма узнавания события. При  $x = q_{ij}$   $x^{q_{ij}} = 1$ .

Чтобы описать ситуацию вокруг анализируемого в данный момент элемента зоны обзора РЛС, вводится система предикатных признаков, позволяющая формализовать происходящие изменения в  $A(x)$  в течение нескольких обзоров РЛС:

– предикатный признак  $Z_{nij}^k$  повтора сигналов в  $a_{ij}$  элементе обработки ( $i, j$  – номера элементов (дискрет) по дальности и азимуту;  $k$  – номер обзора, начиная с текущего обзора). Определяется как повтор сигналов в текущем и предыдущем обзорах;

– предикатный признак  $Z_{yij}$  ухода отметки в элементах обработки, прилегающих к рассматриваемому элементу;

При таких исходных условиях предикатные признаки формируются по следующему правилу:

$$Z_{nij} = 1, \text{ при } A_{ij}^k > 0 \wedge A_{ij}^{k-1} > 0; \quad (4)$$

$$Z_{yij} = 1, \text{ при } A_{i,j}^{k-1} > 0 \wedge A_{i,j}^k = 0 \wedge Z_{n,i,j} = 0, \quad (5)$$

где  $A(x)$  – предикат события наличия-отсутствия сигнала в соответствующем элементе обработки.

Поскольку для формирования предикатного признака трассового следа используется признак  $Z_{yij}$ , то осуществляется операция обновления (экстраполяции) данного признака с учетом его предыдущих

теории перезаписыванием в ту же ячейку памяти, в которой он был записан. Основой для сохранения значения признака является либо его повторное формирование при выполнении соответствующих условий (4), либо наличие ненулевого уровня амплитуды сигнала в рассматриваемой ячейке, либо выполнение двух этих условий одновременно.

$$Z_{yij} = 1 \text{ при } Z_{yij}^k = 1 \vee (Z_{yij}^{k-1} = 1 \wedge \wedge A_{ij}^{k-1} > 0 \wedge A_{ij}^k = 0). \quad (6)$$

С учетом сформированного признака  $Z_{yij}$  приступим к формированию предикатного признака трассового следа  $Z_{ryij}$ , позволяющего получить дополнительную отличительную информацию о поведении отметок радиолокационных объектов по сравнению с отметками ДМО на основе анализа трассового следа, образующегося как совокупность предикатных признаков ухода отметок  $Z_{ryij}$ .

На первом шаге составляем предикатное уравнение и с помощью его находим номера  $k = k_1$  и  $l = l_1$  рядом расположенного элемента обработки с предикатным признаком  $Z_{yij}$  ухода отметки из элемента обработки. Для этого сравниваем признак наличия сигнала  $A_{ij}$  в центральном элементе подматрицы или скользящего окна анализа с соседними 8-ю элементами попарно на возможное наличие в них предикатного признака  $Z_{yij}$ .

$$(Z_{yi+1,j} \wedge A_{yij}) \vee (Z_{yi-1,j} \wedge A_{yij}) \vee (Z_{yi,j+1} \wedge A_{yij}) \vee (Z_{yi,j-1} \wedge A_{yij}) \vee (Z_{yi+1,j+1} \wedge A_{yij}) \vee (Z_{yi+1,j-1} \wedge A_{yij}) \vee (Z_{yi-1,j+1} \wedge A_{yij}) \vee (Z_{yi-1,j-1} \wedge A_{yij}) = 1. \quad (7)$$

$$\vee_{k=-1, l=-1}^{k=+1, l=+1} (Z_{yi+k, j+l} \wedge A_{yij}) = 1.$$

На следующем шаге, при составлении второго предикатного уравнения для нахождения следующего номера  $k = k_2$  и  $l = l_2$  элемента обработки с подобным предикатным признаком  $Z_{yij}$  учитываем обозначившееся на первом шаге направление  $(a_{ij}, a_{i+k_1, j+l_1})$  трассового следа (направление движения воздушного объекта). Направление определяется с помощью анализа изменения номеров  $k_1, l_1$ . При изменении номера по одной из координат ( $k_1$  или  $l_1$ ) направление поиска трассового следа совпадает с направлением вдоль осей координат  $i$  или  $j$  (вверх, вниз или вправо, влево). При изменении номера элемента по обеим координатам направление поиска трассового следа совпадает с направлением диагоналей матрицы. С учетом определенного направления проверяется наличие предикатного признака  $Z_{yij}$  ухода отметки в трех соседних элементах. При перемещении отметки в вертикальном ( $k_1 = \mp 1, l_1 = 0$ ) или горизонтальном ( $k_1 = 0, l_1 = \pm 1$ ) направлениях выбираем элементы обработки для проверки того же направления ( $i + k_1 \pm 1$  или

$j + l_1 \pm 1$ ). По второй координате номера элементов последовательно меняются от 0 до  $\pm 1$ . При этом дополнения в виде  $\pm 1$  формируются с учетом знаков  $k_1, l_1$ .

При перемещении радиолокационной отметки в диагональных направлениях, когда  $(k_1 = \mp 1, l_1 = \mp 1)$ , проверяются элементы обработки, где номера формируются с учетом знаков  $k_1, l_1$  и равны  $(i + k_1 + (0 \mp 1), j + l_1 + (0 \mp 1))$ .

Таким образом, на втором шаге для определения значений координат (номера)  $k = k_2$  и  $l = l_2$  элемента обработки с предикатным признаком  $Z_{yij}$  составляем следующие предикатные уравнения:

$$\begin{aligned} &\text{При } (k_1 = +1, l_1 = +1) \\ &(Z_{yi+k_1, j+l_1} \wedge Z_{yi+k_1+l_1, j+l_1+1}) \vee \\ &\vee (Z_{yi+k_1, j+l_1} \wedge Z_{yi+k_1+l_1, j+l_1}) \vee \\ &\vee (Z_{yi+k_1, j+l_1} \wedge Z_{yi+k_1, j+l_1+1}) = 1. \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} &\text{При } (k_1 = -1, l_1 = 0) \\ &(Z_{yi+k_1, j} \wedge Z_{yi+k_1-1, j}) \vee (Z_{yi+k_1, j} \wedge Z_{yi+k_1-1, j+1}) \vee \\ &\vee (Z_{yi+k_1, j} \wedge Z_{yi+k_1-1, j-1}) = 1 \end{aligned}$$

и т. д.

Решая уравнения (8), находим значения  $k_2, l_2$ .

Для выполнения последующих операций определения номеров элементов уточняем направление трассового следа вычислением градиентов номеров по осям  $i, j$ , т.е.  $\Delta k_2 = k_2 - k_1, \Delta l_2 = l_2 - l_1$ .

При  $\Delta k_2 = +1, \Delta l_2 = +1$  предикатное уравнение имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} &(Z_{yi+k_2, j+l_2} \wedge Z_{yi+k_2+l_2, j+l_2+1}) \vee \\ &\vee (Z_{yi+k_2, j+l_2} \wedge Z_{yi+k_2+l_2, j+l_2}) \vee \\ &\vee (Z_{yi+k_2, j+l_2} \wedge Z_{yi+k_2, j+l_2+1}) = 1. \end{aligned} \quad (9)$$

На  $n$ -м шаге определяем

$$\Delta k_n = k_n - k_{n-1}, \Delta l_n = l_n - l_{n-1}.$$

Для этого шага при  $\Delta k_n = +1, \Delta l_n = +1$  предикатное уравнение имеет вид:

$$\begin{aligned} &(Z_{yi+k_n, j+l_n} \wedge Z_{yi+k_n+l_n, j+l_n+1}) \vee \\ &\vee (Z_{yi+k_n, j+l_n} \wedge Z_{yi+k_n+l_n, j+l_n}) \vee \\ &\vee (Z_{yi+k_n, j+l_n} \wedge Z_{yi+k_n, j+l_n+1}) = 1. \end{aligned} \quad (10)$$

В результате решения системы  $n$  предикатных уравнений (7)...(10) находим все значения  $k_1, l_1 \dots k_n, l_n$  и запишем форму (вид) трассового следа в виде предикатного уравнения:

$$\begin{aligned} Z_{tyij} = &\bigwedge_{k_1, l_1}^{k_n, l_n} Z_{yi+k_n, j+l_n} = Z_{yi+k_1, j+l_1} \wedge Z_{yi+k_2, j+l_2} \wedge \dots \\ &\dots \wedge Z_{yi+(k_{n-1}), j+(l_{n-1})} \wedge Z_{yi+k_n, j+l_n} = 1. \end{aligned} \quad (11)$$

### 3. Результаты исследования

Операции формирования предикатного признака геометрического образа трасс воздушных объектов  $Z_{tyij}$  и распознавание с его помощью воздушных объектов на фоне ДМО составляют основу технологии обработки сигналов в интеллектуальной системе обнаружения и распознавания.

Размер скользящего окна выбирается, исходя из необходимого для анализа количества затухающих отметок в трассовом следе.

Анализ модельных экспериментов по оценке эффективности выделения отметок воздушных объектов на фоне ДМО по признакам накопленной энергии сигнала и информации о формировании трассового следа за ряд обзоров РЛС показывает, что при размерах окна  $9 \times 9$  вероятность правильного обнаружения малозаметных объектов при одинаковых исходных данных повышается с 0.2 до 0.8.

При анализе трассового следа введено понятие пространственного спектра [13, 14] как распределение амплитуд отметок трассового следа в направлении, определяемом вектором  $(k_n, l_n)$  согласно предикатному уравнению (11). Вид распределения амплитуд отметок трассового следа формируется согласно (1) путем постепенного уменьшения (затухания) поступившего сигнала при условии отсутствия его обновления в последующих обзорах, поэтому заранее известно, каким должно быть распределение амплитуд (пространственный спектр) отметок трассового следа.

Используя данные о форме и пространственном спектре трассового следа, можно определить его направление (вектор скорости воздушного объекта) и суммарную амплитуду в виде:

$$W_{ij} = \sum_{k_1, l_1}^{k_n, l_n} q_{i+k_n, j+l_n} \quad (12)$$

Полученная сумма амплитуд отметок, попавших в пределы пространственного спектра вектора трассового следа, сравнивается с порогом. Порог выбирается из известной величины  $\sigma$ , среднеквадратического отклонения шума. Сигнал, прошедший пороговую обработку, используется в качестве признака.

По виду предикатного признака (функции) трассового следа, найденного из системы предикатных уравнений (7) ... (10), и по признаку накопленной амплитуды отметок трассового следа (12) осуществляется процедура распознавания отметок воздушных объектов за ряд обзоров РЛС.

### Заключение

Разработанная технология обработки сигналов была реализована в системе обнаружения и распознавания радиолокационного изображения воздушных

ных объектов на фоне дискретных мешающих отражений «ангел-эхо» [13].

Эффективность этой системы проверена на основе записей реальных сигналов РЛС сантиметрового диапазона. Во время эксперимента обнаружены и распознаны отметки воздушных объектов на фоне ДМО «ангел-эхо», когда их спектры перекрывались, что выгодно отличает систему обнаружения и распознавания от систем подавления путем компенсации, бланкирования мешающих отражений подобного типа.

Таким образом, использование предлагаемой технологии обработки сигналов позволяет повысить эффективность обнаружения и распознавания отметок воздушных объектов.

### Список литературы

1. *Справочник по радиолокации в 2 кн. под ред. М.И. Скольника. Пер. с англ. под общ. ред. В.С. Вербы.* – М.: Техносфера, 2014. – 672 с.
2. Бакулев П.А. *Методы и устройства селекции движущихся целей [Текст]* / П.И. Бакулев. – М.: Радио и связь, 1986. – 288 с.
3. Кузьмин С.З. *Основы проектирования систем цифровой обработки РЛИ [Текст]* / С.З. Кузьмин. – М.: Радио и связь, 1986. – 323 с.
4. Russel S. *Artificial intelligence. A modern approach, Second Edition* / S. Russel, P. Norvig. – Williams, 2006. – 1410 p.
5. George F.L. *Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem-Solving. 4 ed.* / F.L. George. – Williams, 2005. – 864 p.
6. Горелик А.Л. *Методы распознавания [Текст]* / А.Л. Горелик, В.А. Скрипкин. – М.: Высш. шк., 2004. – 261 с.
7. Мазуров, Вл.Д. *Математические методы распознавания образов [Текст]: учебное пособие* / Вл.Д. Мазуров. – СПб.: Питер, 2010. – 101 с.
8. Журавлев Ю.И. *Об алгебраическом подходе к решению задач распознавания или классификации [Текст]* / Ю.И. Журавлев // *Проблемы кибернетики.* – 2005. – Вып. 33. – С. 5–68.
9. Бондаренко, М.Ф. *Теория интеллекта [Текст]* : учебник / М.Ф. Бондаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнаренко. – Х.: СМИТ, 2007. – 576 с.
10. Шабанов-Кушнаренко Ю.П. *Компаративная идентификация лингвистических объектов: Монография [Текст]* / Ю.П. Шабанов-Кушнаренко, Н.В. Шаронова. – К.: ИСИО, 1993. – 116 с.
11. Бондаренко М.Ф. *Линейные предикаты и их применение для моделирования цветового зрения человека [Текст]* / М.Ф. Бондаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнаренко, С.Ю. Шабанов-Кушнаренко // *Бионика интеллекта. Науч.-техн. журнал* – 2011. – Вып. 2. – С. 33-51.
12. Жирнов В.В. *Картинные методы извлечения и анализа радиолокационной информации в обзорных РЛС [Текст]* / В.В. Жирнов, А.И. Дохов // *Прикладная радиоэлектроника. Том 3.* – 2004. – Вып. 1. – С. 29-34.
13. Жирнов В.В. *Интеллектуальная система радиолокационного обнаружения малозаметных воздушных объектов [Текст]* / В.В. Жирнов, С.В. Солонская // *Радиоэлектроника и информатика: Научно-технический журнал.* – 2005. – Вып. 3. – С. 134–138.
14. Жирнов В.В. *Интеллектуальная система обзорной обработки радиолокационной информации [Текст]* / В.В. Жирнов, С.В. Солонская // *Радиоэлектроника и информатика: Научно-технический журнал.* – 2007. – Вып. 3. – С. 6-12.

Поступила в редколлегию 12.10.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Е.П. Пуятин, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

### ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІЙ СИСТЕМІ ВІЯВЛЕННЯ І РОЗПІЗНАВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ

С.В. Солонська, В.В. Жирнов

В роботі розглядається задача обробки радіолокаційних сигналів в інтелектуальній системі виявлення і розпізнання повітряних об'єктів. Дана стаття присвячена розробці технології обробки сигналів на основі математичного апарату алгебри предикатів. Запропоновано метод, який дозволяє спостерігати динаміку зміни зображення протягом декількох оглядів радіолокаційної станції. Представлена модель у вигляді дискретних вибірок – елементів обробки за дальністю та азимутом, введена система предикатних ознак, щоб описати ситуацію навколо аналізованого елемента обробки. З аналізу динаміки поведінки предикатних ознак в елементі обробки приймається рішення про виявлення відмітки повітряного об'єкта.

**Ключові слова:** обробка сигналів, алгебра предикатів, інтелектуальна система, повітряний об'єкт, заважаюче відбиття, радіолокаційна станція, людина-оператор.

### SIGNAL PROCESSING TECHNOLOGY IN THE INTELLIGENT SYSTEM OF AIR OBJECTS RECOGNITION

S.V. Solonskaya, V.V. Zhyrnov

The problem of radar signal processing in the intelligent system of air objects recognition is considered in the given paper. This work is devoted to the development of signal processing technology based on the mathematical tools of predicate algebra. A method which allows to observe the dynamics of changes in image over several reviews radar is proposed. A model in the form of discrete samples – elements of processing in range and azimuth is presented. System of predicate features is introduced to describe the situation of the analyzed processing element. The decision on air object recognition is made from the analysis of the dynamics behavior of predicate features in the processing element.

**Keywords:** signal processing, predicate algebra, intelligent system, air objects recognition, radio-location station, clutter, human-operator.