

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 629.12:519.24

В. Н. Кузнецов,
аспирант кафедры КОИБ,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ СВЯЗНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ ОБЪЕКТОВ

SEARCH ALGORITHM OF CONNECTED REGIONS FOR OBJECT DETECTION

В статье рассматривается алгоритм выделения связных областей радиолокационного сигнала и возможное его применение при распознавании объектов.

The article discussed about search algorithm of connected regions in radio signal. The resulting regions may be applied in object detection.

Ключевые слова: AVEVA, внедрение, программный комплекс.

Key words: AVEVA, introduction, application software.

СОВРЕМЕННЫЕ радиолокационные комплексы должны не просто видеть объект, но и уметь определять его тип. Для решения такой задачи в настоящее время активно ведется разработка и совершенствование алгоритмов распознавания обнаруженных объектов. Однако данные, с которыми приходится работать алгоритмам в этой области, имеют свои особенности, которые накладывают отпечаток на реализацию программного обеспечения.

Данные, поступающие в комплекс, имеют вид непрерывного сигнала, работать с которым цифровая техника не умеет. Поэтому предварительно они обрабатываются аналого-цифровым преобразователем, который формирует в памяти матрицу значений с элементами, представленными формулой

$$A_{i,j}, i = 1...n, j = 1...m, \quad (1)$$

где n — количество дискрет по дальности; m — количество дискрет по углу места.

Каждое значение представляет собой амплитуду сигнала отклика по дальности и углу места. Величина отклика может меняться в зависимости от увиденного объекта или шума [1]. Пример такой матрицы приведен на рис. 1. Матрицу значений можно интерпретировать как изображение, если сопоставить величину отклика с градацией серого цвета. При обработке сформированной матрицы ее необходимо предварительно обработать фильтром, чтобы максимально исключить влияние помех.

5	12	4	10	11
4	4	220	2	4
5	210	230	210	3
7	212	211	214	2
10	205	209	213	1
8	12	210	2	10
12	3	10	5	5

Рис. 1. Матрица величины отклика сигнала

Один из вариантов фильтрации — это установление некоторого порогового значения, ниже которого может проявить себя только шум. К примеру, это значение может быть равно половине среднего значения всех элементов матрицы как представлено на формулах:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m A_{i,j}}{n \cdot m}, \quad (2)$$

$$A'_{i,j} = \begin{cases} A_{i,j}, & \text{если } A_{i,j} > a, \\ 0, & \text{если } A_{i,j} \leq a. \end{cases} \quad (3)$$

Для матрицы из приведенного выше примера это значение равно 71. Значит, все, что меньше 71, можно обнулить.

После предварительной подготовки данных необходимо определить, что же все-таки увидел комплекс. Например, если в матрицу попала информация о более чем одном объекте, непосредственное распознавание становится затруднительной задачей. Поэтому предварительно необходимо разделить все объекты и сфокусировать систему на каждом объекте отдельно.

Отдельным объектом будем считать связную область. Таким образом, необходимо предварительно всю картину разделить на отдельные значимые элементы. Следует заметить, что разрешающая способность РЛС по угловым координатам определяется шириной характеристики направленности антенны. Для повышения разрешающей способности необходимо или уменьшить длину волны, или же увеличивать размеры антенной системы. Уменьшать длину волны можно лишь до некоторых пределов, примерно до 2–3 см, так как при дальнейшем уменьшении длины волны возрастают потери энергии при распространении электромагнитных волн в атмосфере. Увеличение размеров антенны также связано с рядом ограничений. Во-первых, антенны не должны превышать по своим габаритам пространства внутри фюзеляжа самолета; во-вторых, антенны не должны влиять на аэродинамические качества летательного аппарата; в-третьих, управление антенной при круговом обзоре должно быть достаточно простым. Ввиду этого разрешающая способность по углу места в реальных условиях сильно ограничена. На практике разница между значениями координат соответствует не менее 5 м на местности. Также и координаты по дальности зависят от длины волны излучателя. При этом при длине волны, обеспечивающей оптимальную дальность сканирования местности, разрешающая способность по дальности также остается невысокой. Учитывая ограничения по минимальному расстоянию между судами, можно утверждать, что граф на основе матрицы откликов РЛС не будет иметь точек сочленения, а также то, что все точки, хоть как то принадлежащие рассматриваемой области, следует относить к исследуемому объекту и они не могут означать части других судов.

Для задачи выделения связных областей целесообразно использовать алгоритм, основанный на принципе обхода графа в ширину [2; 3]. Основная идея алгоритма заключается в том, чтобы представить каждый элемент матрицы, отличный от нуля, как вершину графа, то есть полученная матрица с элементами $A'_{i,j}$ рассматривается как матрица смежности некоторого графа. При этом каждая вершина a_{ij} будет иметь смежные вершины из множества $\{a_{i-1,j}; a_{i+1,j}; a_{i,j-1}; a_{i,j+1}\}$, разумеется, при условии существования соответствующих элементов матрицы. Таким образом, из исходной матрицы откликов получаем набор независимых друг от друга графов, каждый из которых интерпретируется как отдельная связная область, которая подлежит распознаванию. Теперь для получения каждой области необходимо методом перебора по исходной матрице найти не просмотренные вершины, отличные от нуля. В результате работы алгоритма получаем набор множеств вершин, образующих замкнутые области.

Алгоритм выглядит следующим образом. Каждому элементу матрицы ставится в соответствие флаг, обозначающий проход этой точки алгоритмом. Если точка просмотрена, то флаг принимает значение «Истина», в противном случае — «Ложь». Изначально все элементы считаются не просмотренными, то есть значение флага для всех устанавливается «Ложь». Алгоритм в цикле выполняет проход по всем элементам и в случае нахождения не просмотренного значения, от-

личного от нуля, вызывает функцию формирования связной области. Функция формирования связной области добавляет текущее значение в формируемую область и просматривает все смежные значения. Смежными в данном случае считаем все соседние значения матрицы по столбцу и колонке. Для каждого смежного значения, отличного от нуля и имеющего флаг прохода «Ложь», снова рекурсивно вызывается функция формирования области. При каждом шаге получения значения элемента матрицы флаг просмотра устанавливается истинным. Состояние алгоритма на первой итерации будет выглядеть, как изображено на рис. 2. Так, первой значащей ячейкой является ячейка (2; 3) со значением 220. Ячейки, для которых будет рекурсивно вызван алгоритм на следующей итерации, показаны стрелочками.

0	0	0	0	0
0	0	220	0	0
0	210	230	210	0
0	212	211	214	0
0	205	209	213	0
0	0	210	0	0
0	0	0	0	0

Рис. 2. Состояние алгоритма на первой итерации

Таким образом, в результате выполнения алгоритма получается набор связных областей радиолокационного сигнала, представляющий собой множество значений отклика с указанием координат (дальность и угол места). Для представленного примера будет выделена одна область. Она представлена на рис. 3.

0	0	0	0	0
0	0	220	0	0
0	210	230	210	0
0	212	211	214	0
0	205	209	213	0
0	0	210	0	0
0	0	0	0	0

Рис. 3. Выделенная алгоритмом область

Если дополнительно матрицу (3) представить в виде списков смежных вершин, то можно уменьшить время работы алгоритма. Для этого используется трехзначная логика. Каждая вершина может иметь одно из трех значений: 0 (белая), 1 (серая), 2 (черная). Сначала все вершины белые. Серым цветом помечается обнаруженная в списке смежности вершина, которая помещается в очередь. Вершина, у которой все смежные просмотрены и помещены в очередь, помечается черным цветом и удаляется из очереди. Следуя рекомендациям авторов [3; 4], можно оценить временную сложность этого алгоритма. Каждый список смежности обрабатывается один раз при появлении очередной вершины в начале очереди. В нашем случае это количество не превышает учетверенного числа ненулевых элементов матрицы (3). Еще добавляется один просмотр всех вершин, то есть суммарно время обработки $O(k)$, где k — число ненулевых элементов матрицы (3).

Следующим шагом выделения связанных областей является последовательное распознавание каждого образа, выделенного на предыдущем шаге. Для этой цели могут быть использованы разработки в области нейронных сетей, экспертных систем, вероятностных подходов и другие [5, с. 289–295].

Список литературы

1. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов / Р. Лайонс. — М.: Бином-Пресс, 2006. — 655 с.
2. Башмаков А. В. Дискретная математика. Методы кодирования и обработки дискретных структур данных: учеб. пособие / А. В. Башмаков, Е. В. Зуров, А. П. Ныркoв. — СПб.: СПГУВК, 2012. — 81 с.
3. Кормен Т. Алгоритмы: построение и анализ / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест. — М.: МЦНМО, 2000. — 960 с.
4. Ныркoв А. П. Введение в общую теорию алгоритмов: учеб. пособие / А. П. Ныркoв, А. А. Ныркoв. — СПб.: ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2013. — 43 с.
5. Nyrkov A. P. NP-hard tasks: from the theory to practice / A. P. Nyrkov, S. S. Sokolov // Modern scientific research and their practical application. — 2013. — May. — Vol. J11307.

УДК 625.2

В. О. Тырва,
канд. техн. наук, доцент,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТОМ ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELS FOR CORRECTION OF DISCRETE SIGNALS OF MANAGEMENT BY OBJECT OF ERGATIC SYSTEM

Получены математические модели, достаточные для проведения расчетов на ЭВМ с целью количественного обоснования принятия решений о коррекции дискретных сигналов управления объектом эргатической системы.

Mathematical models sufficient for realization of calculations on COMPUTER with the purpose of quantitative ground of making decision about the correction of discrete signals of management by the object of the ergatic system are got.

Ключевые слова: перегрузочный комплекс, судоходный шлюз, эргатическая система, человек-оператор, управляющая вычислительная машина, устройство связи с объектом, система целей, математическая модель.

Key words: reloading complex, shipping gate, ergatic system, human operator, controlling computing machine, the device with the object, a system of objectives, mathematical model.