

АЛГОРИТМ ПОИСКА ПУТИ А* В ЗАДАЧЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СКЛАДИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ МЕХАТРОННЫМ КОМПЛЕКСОМ

*Бобырь М.В., Дородных А.А., Булатников В.А.
Юго-Западный государственный университет, Курск*

Ключевые слова: алгоритм, поиск оптимального пути, автоматизация, складирование, мехатронный комплекс.

Аннотация. В статье рассмотрен алгоритм поиска пути А* в задаче автоматизации процесса складирования изделий мехатронным комплексом с помощью системы технического зрения. Представлена структура и принцип работы алгоритма А*. Результаты моделирование поиска пути использованы для решения задачи нахождения оптимального пути складирования изделий в ячейки хранения при автоматическом управлении мехатронным комплексом.

THE PATH SEARCH ALGORITHM A* IN THE PROBLEM OF AUTOMATION STORAGE PRODUCTS PROCESS OF A MECHATRONIC COMPLEX

*Bobyry M.V., Dorodnykh A.A., Bulatnikov V.A.
Southwest State University, Kursk*

Keywords: algorithm, search the optimal path, automation, storage, mechatronic complex.

Abstract. The article considers the algorithm for finding the path A* in the problem of automating the process of storing products by a mechatronic complex using a vision system. The structure and principle of operation of the A* algorithm are presented. The results of the path search simulation were used to solve the problem of finding the optimal way for storing products in storage cells with automatic control of the mechatronic complex.

В статье рассмотрен алгоритм А* или А-стар (A-star) являющийся графовым алгоритмом поиска пути, который используется для нахождения оптимального пути между двумя точками в графе. Он объединяет в себе особенности алгоритмов Дейкстры и поиска по первому наилучшему совпадению (best first search), используя оценочную функцию, чтобы учесть не только реальную длину пути, но и оценочное расстояние до конечной точки (целевой). Это позволяет алгоритму быстрее находить оптимальный путь, если таковой существует. Данный алгоритм использован для решения задачи нахождения оптимального пути до складской ячейки при обработке двухмерных изображений, полученных с помощью системы технического зрения, использованной для управления приводами мехатронного комплекса во время выполнения автоматического цикла. Принцип функционирования и устройство мехатронного комплекса представлены в работах [1-4].

Предположим, есть сетка ячеек, и необходимо найти кратчайший путь от верхней левой ячейки (Начало) до нижней правой ячейки (Цель). Моделирование задачи поиска пути в графическом виде представлено на рисунке 1.

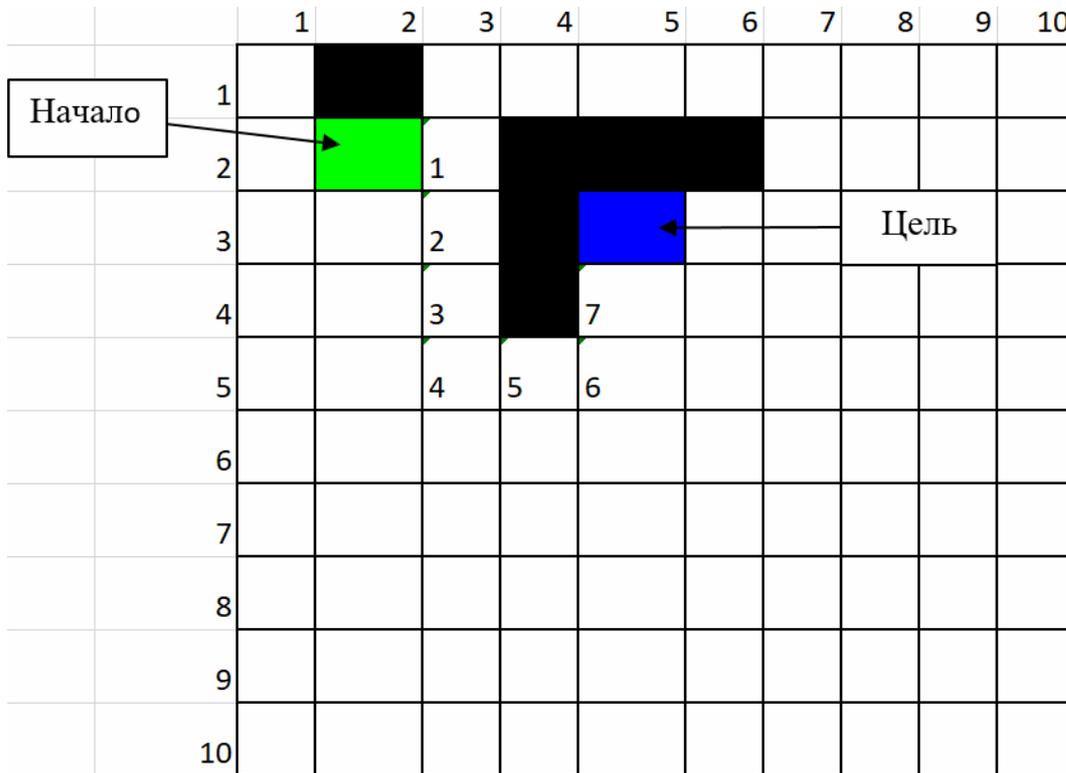


Рис. 1. Моделирование поиска пути

Ячейки выделены цветом и имеют следующие координаты: “Начало” (x_0, y_0) , m и “Цель” (x_{target}, y_{target}) . Стоимость перехода из одной ячейки в соседнюю ячейку составляет единицу.

Для работы алгоритма на каждом шаге итерации вычисляется оценочная функция по формуле (1):

$$f(x, y) = g(x, y) + h(x, y), \tag{1}$$

где $g(x, y)$ – фактическая стоимость достижения начальной ячейки (по умолчанию равняется 1, и инкрементируется на единицу с увеличением каждого шага итерации). Для вычисления $h(x,y)$ – эвристической функции, которая оценивает стоимость достижения цели из начальной ячейки, используется формула (2):

$$h(x,y) = |x_0 - x_{target}| + |y_0 - y_{target}|. \tag{2}$$

где x_0, y_0 – координаты начала пути, x_{target}, y_{target} – координаты целевой точки пути.

Структурная схема алгоритма A^* для поиска оптимального пути на двумерном изображении представлена на рисунке 2.

Для реализации алгоритма A^* необходимо выполнить следующую последовательность действий, состоящую из **8 шагов**:

1. Инициализация пустой очереди и добавление в неё начальную ячейку с координатами (x_0, y_0) .
2. Генерация четырех соседей с координатами (x_1, y_0) , (x_0, y_1) , (x_{-1}, y_0) , (x_0, y_{-1}) , относительно искомой ячейки (x_0, y_0) и добавление его в очередь.
3. Вычисление оценочной функции $f(x, y)$ в соседних четырех ячейках относительно начальной (x_0, y_0) с координатами $f_1(x_1, y_0)$, $f_2(x_0, y_1)$, $f_3(x_{-1}, y_0)$, $f_4(x_0, y_{-1})$ или относительно той ячейки в которую перешёл алгоритм на **4 шаге**.

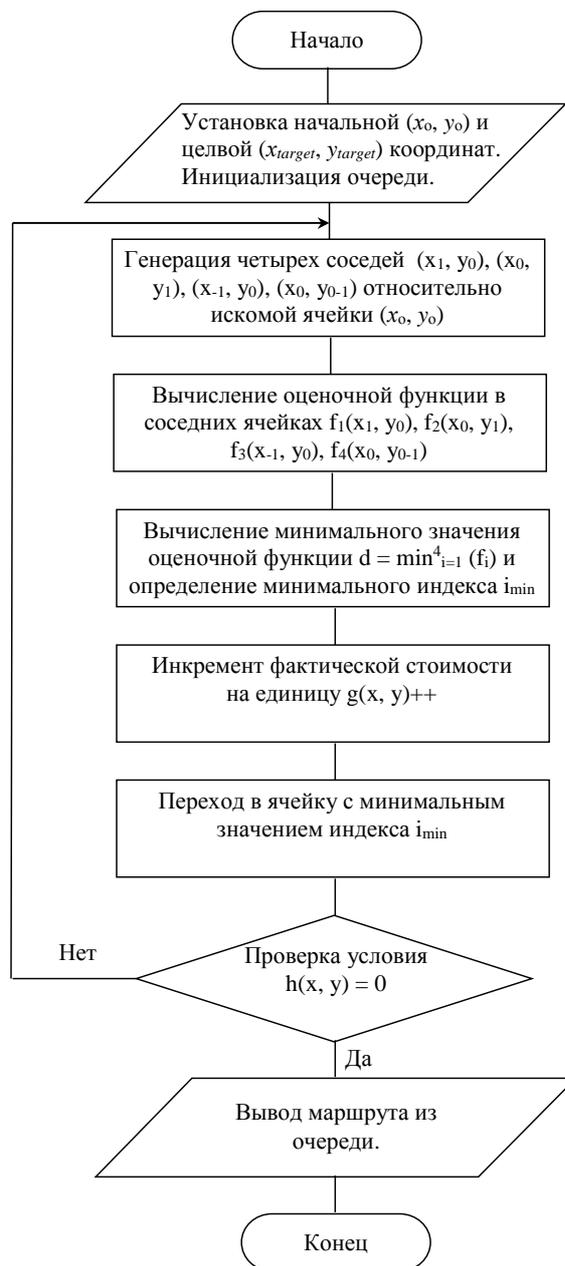


Рис. 2. Структура схема алгоритма A*

4. Определение минимальной величины оценочной функции из четырех значений, расположенных относительно начальной ячейки по формуле $d = \min_{i=1}^4 (f_i)$, и определение индекса ячейки i_{\min} с минимальным значением коэффициента d .

6. Инкремент фактической стоимости $g(x, y)$ на единицу.

7. Переход в ячейку по индексу в котором значением коэффициента d минимально и добавление его в приоритетную очередь если нет препятствия.

8. Проверка условия достижения цели $h(x, y) = 0$, если условие выполняется алгоритм останавливается и выдает очередь в которой помещены индексы ячеек с наименьшим маршрутом от начальной ячейки до целевой, в противном случае осуществляется переход к **шагу 2**.

Алгоритм A* и результаты моделирования поиска оптимального пути, использованы при разработке устройства управления приводами мехатронного комплекса с помощью системы технического зрения.

Благодарности. Работа проводится в рамках Государственного задания (грант №0851-2020-0032).

Список литературы

1. Бобырь М.В., Милостная Н.А., Дородных А.А. Автоматизированная система распознавания цветовой метки в задаче детектирования объекта // Прикладная физика и математика. – 2023. – №2 . – С. 3-11. – DOI: 10.25791/pfim.01.2023.1247.
2. Бобырь М.В., Дородных А.А., Якушев А.С., Булатников В.А.. Аппаратно-программный мехатронный комплекс для фиксации подвижных объектов // Программная инженерия. – 2020. – Т. 11, № 2. – С. 77-85. – DOI 10.17587/prin.11.77-85.
3. Бобырь М.В., Булатников В.А., Дородных А.А., Якушев А.С. Исследование устройства пневматического мехатронного комплекса // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2019. – № 11. – С. 3-10. – DOI 10.25791/asu.11.2019.993.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2019610668 РФ. Программа для автоматического управления мехатронным комплексом средствами человеко-машинного интерфейса / М.В. Бобырь, А.А. Дородных, А.С. Якушев. – №2018665395, заявл. 29.12.2018; опубл. 15.01.2019.

Сведения об авторах:

Бобырь Максим Владимирович – д.т.н., профессор, кафедры вычислительной техники;

Дородных Александр Алексеевич – аспирант;

Булатников Валентин Альбертович – аспирант.