

## АЛГОРИТМЫ ИЗБИРАТЕЛЬНОЙ РАЗВОЗКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО БЕСПИЛОТНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

В данных тезисах описаны принципы работы интеллектуальной транспортной системы, базирующейся на использовании беспилотных электрокаров и позволяющей повысить эффективность методов экстренной разгрузки переполненного остановочного пункта, а также даны рекомендации по оптимизации перевозочного процесса.

Беспилотная система перевозки пассажиров включает [1-3]:

- выделенный участок УДС (улично-дорожной среды);
- остановочные пункты посадки и высадки пассажиров;
- парк беспилотных транспортных средств, фиксированной небольшой емкости (инфобусы).

Функционирование системы осуществляется следующим образом:

- клиент (пассажир) во время оплаты проезда указывает остановку, до которой желает ехать;
- информация с оплаты поступает на координирующий сервер, который формирует матрицу корреспонденций;
- по прошествии некоторого времени и накопления определенного числа пассажиров в матрице корреспонденций, по ней формируется план развозок, согласно которому отправляются инфобусы для развозки пассажиров по станциям назначения;
- интервалы времени движения между остановками и время стоянки на остановках для данной системы известны.

При разработке плана развозок для текущей матрицы корреспонденций необходимо обеспечить бесконфликтность движения инфобусов на маршруте. План составляется для матрицы корреспонденций, каждый элемент которой меньше объема инфобуса  $V$ :

$$m_{ij} < V, i = \overline{1, k-1}, j = \overline{1, k} \quad (1)$$

План развозки неизменен от начала и до конца развозки, не учитывая новоприбывших пассажиров, которых он должен развезти. Для того чтобы это обеспечить вводится коэффициент эластичности  $a \in (0,8,1)$ . Тогда условие (1) требования к элементам матрицы корреспонденции имеет следующий вид:

$$m_{ij} = a * V, a \in (0,8,1), i = \overline{1, k-1}, j = \overline{1, k} \quad (2)$$

---

<sup>1</sup> студент 4-го курса, Брестский государственный технический университет

Начало разработки плана развозок пассажиров наступает в момент, когда один из элементов матрицы корреспонденций начинает удовлетворять условию (2). Данный элемент получает статус критического элемента, а строка, в которой он находится, получает статус критической, благодаря чему она и будет обслуживаться в разработке плана развозок.

Критическая строка представляет собой множество  $M_i = \{m_{i+1} \dots m_{ik}\}$ , где элементы  $m_{in}$  являются числом людей, отправляющихся с остановки  $i$  на остановку  $n$ . Необходимо разбить исходное множество на два подмножества путем селекции:

$$A = \left\{ m_{ij} \mid m_{ij} \geq \frac{V}{2} \right\}$$

$$B = \left\{ m_{ij} \mid m_{ij} < \frac{V}{2} \right\}$$

Разбиение на подмножества представлено на рис. 1.

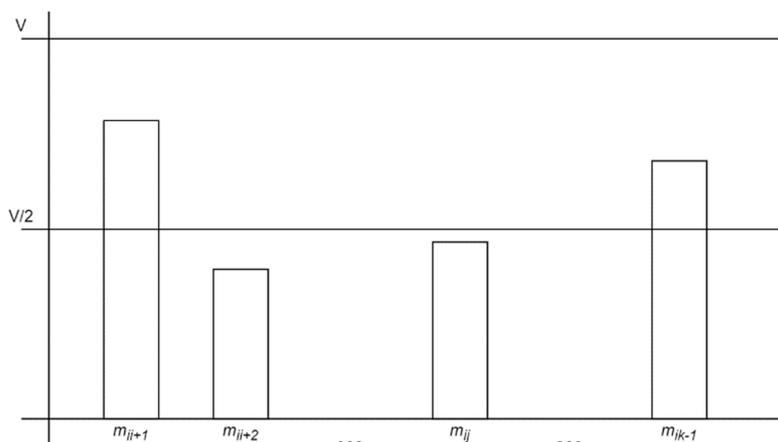


Рисунок 1 – Разбиение на подмножества

В итоге, элементы подмножеств должны быть упорядочены по возрастанию и проиндексированы в новом виде для упрощения. Сами подмножества будут иметь следующий вид:

$$A = \{m_{1A}, m_{2A}, \dots, m_{iA}, \dots, m_{nA}\}, i = \overline{1, n}$$

$$B = \{m_{1B}, m_{2B}, \dots, m_{jB}, \dots, m_{pB}\}, j = \overline{1, p}$$

После разбиения возможны три варианта отношений между подмножествами в зависимости от их мощностей:

$$|A| < |B|, n < p$$

$$|A| = |B|, n = p$$

$$|A| > |B|, n > p$$

Вариант 1:  $|A| < |B|, n < p$ . Подмножество  $A$  является определяющим или задающим. Сочетаться могут только элементы  $m_{iA}$  с элементами  $m_{jB}$ . Сочетанием является пара элементов подмножеств  $A$  и  $B$ . Элемент  $i$  подмножества  $A$  сочетается с элементом  $j$  подмножества  $B$  при условии, что элемент подмножества  $B$  меньше или равен пределу  $S_i$  соответствующего элементу подмножества  $A$ :

$$S_i = V - m_{iA}$$

Графический вид подмножества  $A$  представлен на рис. 2.

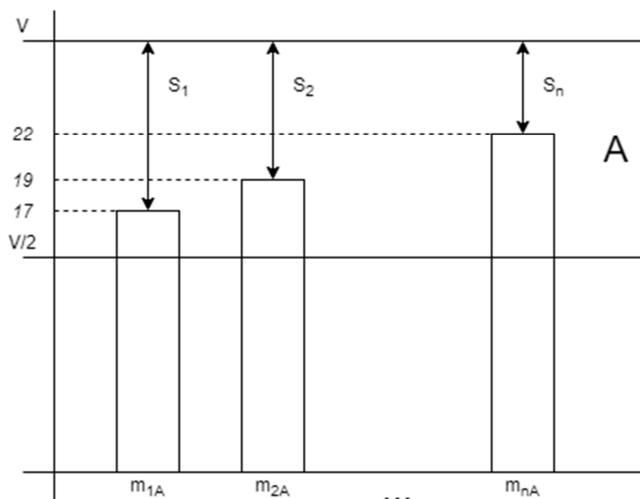


Рисунок 2 – Вид подмножества  $A$

В случае, если на один элемент подмножества  $B$  претендуют 2 и более элемента подмножества  $A$  оптимально будет отдать элемент подмножества  $B$  меньшему из претендующих на него элементов. Это обусловлено тем, что в случае, если для больших элементов подмножества  $A$  не найдется пары – они способны развиться отдельно ввиду того, что сами имеют большой объем людей, при этом у пассажиров будет безостановочный проезд до станции их назначения. Не задействованные элементы подмножества  $B$  в данном плане развозки обслуживаться не будут, к следующим развозкам на них накопится достаточное количество людей для их использования.

Вариант 2:  $|A| = |B|, n = p$ . Оптимальным исходом будет являться тот, в котором будет создано максимально возможное количество сочетаний элементов подмножеств  $A$  и  $B$ . Если такой исход оказывается недостижим, то необходимо наиболее оптимально распределить элементы подмножества  $B$ , получение сочетаний производится подобно первому варианту. Не задействованные элементы подмножества  $A$  будут развиваться, как и в первом варианте.

Вариант 3:  $|A| > |B|, n > p$ . При этом исходе необходимо постараться свести текущую задачу к одному из двух предыдущих вариантов. Для этого, в уже

существующем подмножестве  $A$  требуется поднять нижнюю границу для элементов. Новая граница находится по формуле:

$$V * D, D = 0,5, a$$

В ней  $V$  – объем инфобуса;  $D$  – коэффициент для новой нижней границы;  $a$  – коэффициент эластичности. Коэффициент  $D$  является динамическим. Графическую интерпретацию можно увидеть на рис. 3.

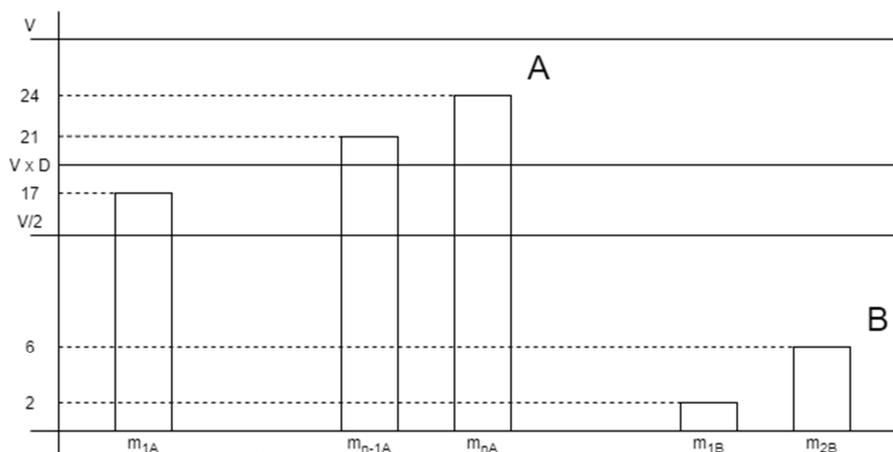


Рисунок 3 – Обновленная нижняя граница

Элементы подмножества  $A$  меньше новой нижней границы переходят в подмножество  $B$ . После формирования обновленных подмножеств задача может свестись к вариантам 1 и 2.

#### ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Касьяник, В. В. Мобильный помощник водителя в выборе стратегии вождения / В. В. Касьяник, В. Н. Шуть // Искусственный интеллект. – 2012. – № 3. – Донецк : ИПИИ «Наука і освіта», 2012. – С. 253–259.
2. Shuts, V. Mobile Autonomous robots – a new type of city public transport / V. Shuts, V. Kasyanik // Transport and Telecommunication. – 2011. – Vol. 12. – № 4. – Р. 52–60.
3. Шуть В.Н., Пролиско Е.Е., Швецова Е.В. Автоматизированная система управления разделяющимся пассажирским транспортом // Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации (РИНТИ-2019): доклады XVIII Международной конференции, Минск, 21 ноября 2019 г. - Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2019. - С. 176-180.