

3. Лингвистическая база данных словаря составлена не традиционным способом переработки большого количества бумажных словарей и объединения полученных переводов, а путем последовательной обработки научно-технических англоязычных периодических изданий отдельных предметных областей.

УДК 656.13

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА БЕСПИЛОТНЫХ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

*Швецова Е.В., Шуть В.Н.*

*Брестский государственный технический университет*

В постиндустриальную эпоху интеллектуальные информационные технологии стали использоваться практически во всех сферах человеческой деятельности, включая и транспортные системы. Примером тому служит появление в крупных городах интеллектуальных транспортных систем, управляемых из единого информационного центра, предоставляющего информацию о дорожной обстановке с фото и видеокамер, наличии мест на стоянках и т.д. [1]. Такие системы направлены на повышение мобильности и гибкости современных городских пассажирских перевозок, которые зачастую являются планомерно-убыточными и не способны обеспечить комфортную, быструю и недорогую транспортировку больших масс людей в пределах черты города.

Предлагаемая в работе городская интеллектуальная информационно-транспортная система пассажирских перевозок способна функционировать с минимальным участием человека в управлении ею, а также совмещать свойства массового общественного и индивидуального транспорта.

**1. Конвейерно-кассетный способ городских пассажирских перевозок.** Предлагаемый конвейерно-кассетный способ предусматривает использование такой транспортной единицы, как *инфобус* – беспилотный электрокар небольшой вместимости (до 30 пассажирских мест). В зависимости от интенсивности пассажиропотока на маршруте (измеряется датчиками в автоматическом режиме) управляющая ЭВМ (координирующий сервер) высылает на маршрут такое число инфобусов, чтобы суммарный объем их был равен или незначительно превышал объем пассажиропотока. При этом инфобусы собираются в кассеты (отсюда термин «кассетный тип транспорта»), состоящие из различного числа единиц в зависимости от интенсивности пассажиропотока в текущий момент времени. Соединение в кассете виртуальное, как в автопоездах [2]. Минимальное безопасное расстояние между инфобусами обеспечивает электроника. Это дает возможность собрать транспортное средство любой вместимости, требуемое на маршруте. Кассетный способ организации перевозок пассажиров является таким же масштабным шагом вперед, каким в прошлом столетии был переход к контейнерному способу перевозки грузов.

Пассажир, проходя через турникет и, оплачивая проезд, указывает также остановку, до которой ему ехать, делая этим заявку на обслуживание, которое должно быть при этом преимущественно безостановочное, либо с минимальным числом остановок от пункта отправления и до пункта назначения. Уменьшение влияния на инфобусы со стороны других участников дорожного движения осуществляется за счет выделения специальной полосы движения, как это делается для общественного транспорта типа автобуса или троллейбуса. Полоса движения инфобусов непосредственно примыкает к тротуару и отделена от него ограждением, а от основной дороги слева сплошной линией (рис. 1).

Движение инфобусов происходит постоянно и без обгонов (т.е. с сохранением порядковой нумерации), что указывает на её «конвейерность», как на постоянный поточный процесс. Транспортные средства при этом движутся от Накопителя 1 к Накопителю 2, расположенные в конечных пунктах маршрута (рис. 2).

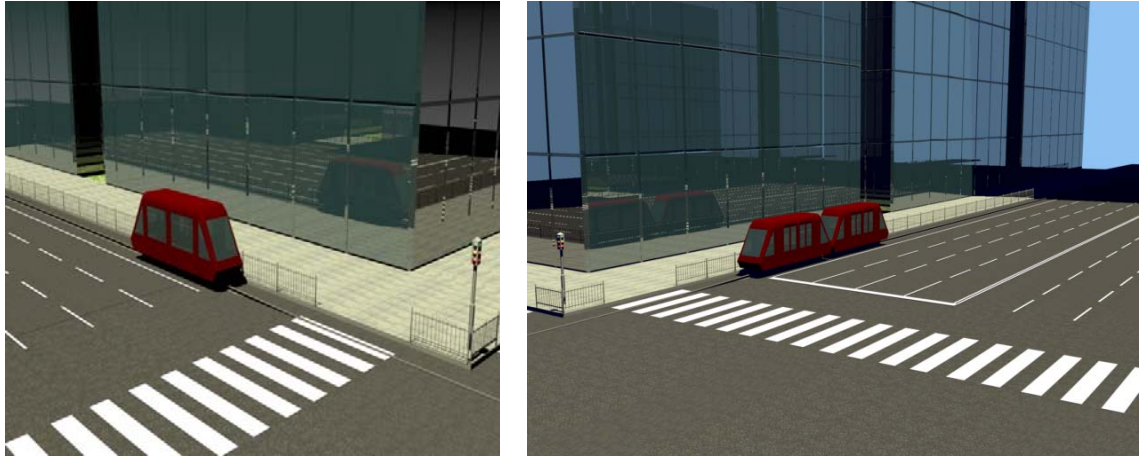


Рисунок 1 – Автопоезд из одного и двух инфобусов на перекрестке

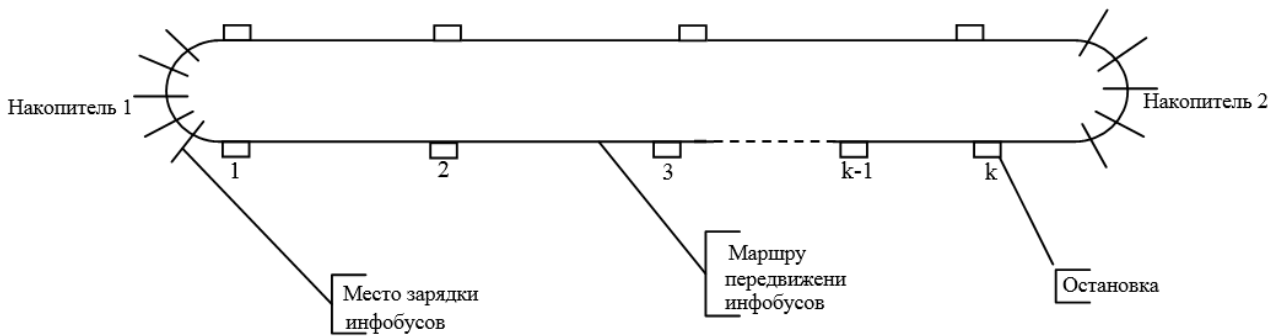


Рисунок 2 – Схема конвейерного движения инфобусов

**2. Описание функционирования информационно-транспортной системы.** На основе заявок от пассажиров координирующий сервер формирует специальную матрицу корреспонденций  $M_z, Z=1,2,\dots$ , в которой фиксируется каждый прибывающий на остановку пассажир и каждый элемент  $m_{ij}$  определяет число пассажиров, следующих с остановки  $i$  на остановку  $j, i, j = \overline{1, k}$ , где  $k$  - число остановок одного направления маршрута (рисунок 2) [3-7]:

$$M_z = \begin{pmatrix} 0 & m_{12} & m_{13} & \dots & \dots & m_{1j} & \dots & m_{1k} \\ 0 & 0 & m_{23} & \dots & \dots & m_{2j} & \dots & m_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & m_{i+1} & \dots & m_{ij} & \dots & m_{ik} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & m_{k-1k} \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \end{pmatrix};$$

Затем по накоплению определенного числа пассажиров в матрице корреспонденций  $M_z, Z=1,2,\dots$  формируется план развозок - процедура последовательного вывода инфобусов из Накопителя 1 (рис. 2) на маршрутную линию с указанием конечной станции назначения, а также нескольких возможных промежуточных остановок для каждого инфобуса, который при этом получает индивидуальный номер. План развозок составляется из расчета, что каждый элемент матрицы  $M_z$  меньше объема инфобуса  $V$ :

$$m_{ij} = a * V, a \in [0.5, 1), i = \overline{1, k-1}, j = \overline{1, k}, \quad (1)$$

где  $a$  – коэффициент эластичности, предназначенный обеспечить вывоз пассажиров, пришедших на остановку от момента начала развозки инфобуса и до момента его прибытия на данную остановку. Процесс функционирования транспортной системы является циклическим и состоит из повторяющихся процедур: накопление информации в очередной матрице корреспонденций  $M_z$  о прибывающих на остановочные пункты пассажирах; определение момента достаточного наполнения текущей матрицы корреспонденций  $M_z$ ,  $Z = 1, 2, \dots$ , разработка плана развозки для данной фиксированной матрицы и выполнение этого плана. Начало формирования плана развозок пассажиров наступает в момент, когда один из элементов матрицы  $M_z$  начинает удовлетворять условию (1) и, следовательно, есть запас, обеспечивающий возможность перевозки пассажиров, подошедших на остановку к моменту прибытия транспортного средства и не учтенных при формировании матрицы  $M_z$ .

**3. Алгоритм построения плана развозки пассажиров.** План развозок составляется для каждой строки  $i = \overline{1, k-1}$  отдельно. Выполнение плана развозок осуществляется в той же последовательности, т.е. транспортировка пассажиров начинается с первой остановки, затем со второй и т.д. В целях обеспечения бесконфликтности следования инфобусов при развозке с  $i$ -ой остановки их отправка осуществляется сначала к дальним пунктам назначения, потом к ближним:  $j = k, k-1, \dots, i+1$ . Каждый инфобус при этом получает свой порядковый номер, варьирующийся от 1 до  $n_i$ , где  $n_i \in N$ . Здесь  $n_i$  – число инфобусов, необходимое для вывоза всех пассажиров с остановки  $i$ . Каждый инфобус с порядковым номером  $\dot{n}_i \in \{1, 2, \dots, n_i\}$  имеет собственное множество доступных ему для развозки остановок, именуемое потенциальным множеством остановок. В него входят все остановочные пункты маршрута, располагающиеся за начальным пунктом отправления, за исключением тех остановок, на которые предыдущие инфобусы, развозящие с этой же остановки, уже доставили пассажиров. Выполнять развозку такой инфобус будет в пункты, составляющие реальное множество остановок  $J_{\dot{n}_i}$ , являющееся подмножеством потенциального множества остановок  $J_{\dot{n}_i, P}$ , то есть  $J_{\dot{n}_i} \subset J_{\dot{n}_i, P}$ .

Остановка с наибольшим порядковым номером потенциального множества остановок инфобуса  $\dot{n}_i$ ,  $\dot{n}_i \in \{1, 2, \dots, n_i\}$  будет являться точной верхней границей множества  $J_{\dot{n}_i, P}$  и обозначаться  $\sup J_{\dot{n}_i, P}$  (супремум  $J_{\dot{n}_i, P}$ ), и всегда будет входить в реальное множества остановок инфобуса  $\dot{n}_i$ . Будут ли в это множество входить другие остановки, зависит от объема инфобуса и количества следующих на них пассажиров. Для определения реального множества остановок  $J_{\dot{n}_i}$  инфобуса  $\dot{n}_i$ ,  $\dot{n}_i \in \{1, 2, \dots, n_i\}$  в алгоритме используется величина  $\Delta_{\dot{n}_i}$ , которая представляет число остановок, вошедших в реальное множество остановок инфобуса  $\dot{n}_i$ , без остановки  $\sup J_{\dot{n}_i, P}$ . Для инфобуса  $\dot{n}_i$ ,  $\dot{n}_i \in \{1, 2, \dots, n_i\}$ ,  $i = \overline{1, k-1}$  потенциальное множество остановок  $J_{\dot{n}_i, P}$ , величина  $\Delta_{\dot{n}_i}$  и реальное множество остановок  $J_{\dot{n}_i}$  определяются из следующих условий:

$$\left\{ \begin{array}{l} J_{\dot{n}_i, P} = \{i+1, \dots, k\} \setminus \bigcup J_{\dot{n}_i-1}, J_0 = \emptyset, \\ \dot{n}_i \in \{1, 2, \dots, n_i\}, \Delta_{\dot{n}_i} \in N_0, \\ \sum_{j=\sup J_{\dot{n}_i, P}-\Delta_{\dot{n}_i}}^{\sup J_{\dot{n}_i, P}} m_{ij} \leq V, \quad \sum_{j=\sup J_{\dot{n}_i, P}-\Delta_{\dot{n}_i}-1}^{\sup J_{\dot{n}_i, P}} m_{ij} > V, \\ J_{\dot{n}_i} = \left\{ j \mid j \in N_0, \sup J_{\dot{n}_i, P} - \Delta_{\dot{n}_i} \leq j \leq \sup J_{\dot{n}_i, P} \right\}. \end{array} \right. \quad (2)$$

**4. Оценка необходимого количества инфобусов.** Нижнюю границу необходимого числа транспортных средств можно оценить, как ближайшее целое число, большее частного:

$$N_{\text{инт}} = \left\lceil \frac{\sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k m_{ij}}{V} \right\rceil. \quad (3)$$

Верхнюю границу необходимого числа инфобусов можно оценить, как случай, когда каждый инфобус везет пассажиров только на одну станцию назначения и каждый пассажир достигает своего пункта назначения без остановок (рис. 3).

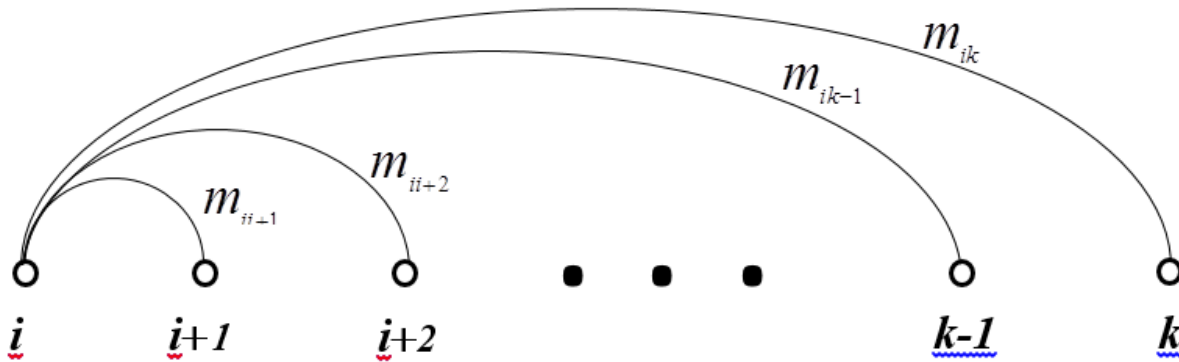


Рисунок 3 – Каждый инфобус везет пассажиров только на одну остановку

Для выполнения полной развозки всех пассажиров в этом случае от остановки 1 необходим  $(k-1)$ -инфобус. Для развозки пассажиров от остановки 2 требуется на два инфобуса меньше, т.к. число остановок сократилось на одну и инфобус, привезший пассажиров с остановки 1 будет использован повторно. Т.е. необходимое число инфобусов, вновь вводимых в систему для вывоза пассажиров с остановки 2, будет  $(k-3)$  и т.д. Таким образом, получается убывающая арифметическая прогрессия с разностью  $d = -2$  и  $n$ -ым членом:

$$a_i = (k-1) - 2(i-1) = (k+1) - 2i \geq 1 \Rightarrow 0 < i \leq \frac{k}{2}. \quad (4)$$

где  $i$ - номер строки матрицы корреспонденций или номер остановки отправления. Значит, при нечетном количестве остановок для выполнения плана развозки согласно описанному алгоритму максимально потребуется инфобусов:

$$N_{\text{БГ}} = S_{\frac{k-1}{2}} = \frac{k^2 - 1}{4}. \quad (5)$$

А при четном количестве остановок:

$$N_{\text{БГ}} = S_{\frac{k}{2}} = \frac{k^2}{4}. \quad (6)$$