

**MATYSIK O.V., SIDAK S.V. Software implementation finding approximate solution of the model ill-posed problem by implicit iteration procedure in Hilbert space**

In the Hilbert space for solving operator equations of type I with affirmative limited and self-conjugate operator the implicit iteration method is studied. The application of a rule residual stop for the offered method has been proved, which makes viewed iteration method quite effective even then when there are no data about source representability of exact solution. The viewed method solves numerical model incorrect task as integral equation Fredholm's of one sort.

УДК 004.8.032.2

**Глуценко Т.А., Касьяник В.В., Пролиско Е.Е., Шуть В.Н.****ИНФОБУС – НОВЫЙ ТИП ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ДЛЯ ВНУТРИГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК**

**Введение.** Автомобили без водителя – транспорт будущего, который уже сейчас постепенно входит в нашу жизнь. Все чаще появляются новости о том, что используются транспортные средства без управления человеком. Вместе с развитием таких транспортных средств резко встает вопрос о регулировании движения таких транспортных средств. Данную проблему может решить использование интеллектуальных систем управления движением транспортных средств и интеллектуальных транспортных средств без управления человеком.

Одним из направлений развития интеллектуального транспорта является разработка транспортных средств для внутригородской и междугородней перевозки пассажиров. Важной отличительной характеристикой таких транспортных средств является взаимодействие пассажира с транспортным средством и отсутствие лица, управляющего транспортным средством.

Дальнейшее развитие по этому направлению позволит создать интеллектуальную информационную систему движения транспортных средств, а также разработать новые перспективные системы передвижения пассажиров в улично-дорожной сети города (УДС).

**1. Основные проблемы движения в городском трафике.** Более конкретно проблема современной транспортной системы заключается в методах, которые используются для обеспечения должного уровня её работы. Перечислим эти проблемы: проблема неоптимизированного роста, проблема децентрализации и проблема низкой адаптивности.

*Проблема неоптимизированного роста* заключается в том, что для увеличения объёма перевозимых ресурсов (в том числе пассажиров) производится и внедряется большее количество транспортных единиц (или машин), но не оптимизируется их передвижение. Это, в свою очередь, приводит к ряду других проблем.

Во-первых, возрастание количества машин на отдельном участке или неизбежно влечёт за собой затруднение движения не только на данном, но и на других, связанных с ним, участках транспортной сети.

Во-вторых, подобный рост не выгоден экономически. Помимо необходимости производства дополнительного средства передвижения, повышается потребность в найме обслуживающего персонала – водителей и механиков.

В-третьих, такой путь развития вреден для окружающей среды, учитывая, что в настоящий момент используются преимущественно двигатели внутреннего сгорания.

В-четвёртых, это приводит к возрастанию сложности регулирования транспортных потоков, что формирует проблему децентрализации.

*Проблема децентрализации* заключается в отсутствии взаимосвязи между большей частью участников движения. Даже косвенная связь

посредством расписания движения, что реализовано для автобусов, не может заменить ни коммуникации между участникам, ни работы системы центрального управления. Причины этого следующие.

Во-первых, каждый участник движения может только предполагать намерения других участников, но не может знать их наверняка. Результатом этого являются ДТП и вынужденные задержки при передвижении.

Во-вторых, имеет место неравномерное распределение транспортных потоков по системе: для их систематизации используются, например, полосы или улицы с направленным движением, что может привести к перегрузке одних дорожных участков и низкой загруженности других. Таким образом, дополнительные ресурсы, выделенные для работы системы, в определённое время оказываются избыточными и не реализуются.

В-третьих, система включает в себя как общественный, так и личный транспорт. Это вынуждает их разделять общий ресурс и, тем самым, ограничивает степень реализации обоих. Кроме того, это делает невозможным покрытие всей совокупности пунктов назначения сетью общественного транспорта.

В совокупности эти проблемы вынуждают граждан к очень активному использованию общественного транспорта, но лишь в отдельные и довольно короткие промежутки времени. Иными словами, личный транспорт часто не задействуется большую часть времени, являя собой практически нереализуемый ресурс, что критично в условиях нехватки последних. Из этого напрямую следует проблема низкой адаптивности.

*Проблема низкой адаптивности* заключается в практически полном отсутствии зависимости количества используемых средств передвижения от количества людей, которым необходимо в данный момент ими воспользоваться.

Проявления этой проблемы следующие. Во-первых, даже в те моменты, когда используется личный автотранспорт, он задействуется для перевозки небольшого количества пассажиров (около полутора человек на единицу), создавая нагрузку на сеть немногим меньшею, чем средства общественного транспорта.

Во-вторых, в час-пик стабильно наблюдается перегрузка средств общественного транспорта. Имеется в виду как физическая его перегрузка, так и неспособность обеспечить необходимую пропускную способность пассажиров.

В-третьих, экономическая составляющая этой инфраструктуры не позволяет применить экстенсивные методы, как в случае с общим ростом объёмов перевозок: как правило, даже без дополнительного увеличения количества машин в то время, когда нагрузка меньше критической, коэффициент их полезного действия существенно падает в сравнении с этим же коэффициентом во время часа пик. Под

*Глуценко Татьяна Александровна, старший преподаватель кафедры «Интеллектуальные информационные технологии» Брестского государственного технического университета.*

*Касьяник Валерий Викторович, старший преподаватель кафедры «Интеллектуальные информационные технологии» Брестского государственного технического университета.*

*Пролиско Евгений Евгеньевич, к.т.н., доцент кафедры «Интеллектуальные информационные технологии» Брестского государственного технического университета.*

*Шуть Василий Николаевич, к.т.н., доцент кафедры «Интеллектуальные информационные технологии» Брестского государственного технического университета.*

*Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.*

коэффициентом полезного действия понимается отношение количества перевезённых пассажиров к общей вместимости транспортной единицы. Исходя из вышеперечисленного, следует сконцентрироваться на разработке принципиально новых видов городского общественного транспорта.

**2. Информационная транспортная система.** Современное состояние информационно-коммуникационных технологий позволяет на базе мобильных автономных роботов строить наземную транспортную систему высокой производительности при полном отсутствии в ней человека, даже превышающей метро, надежной и безопасной. Именно информационную систему, в которой транспортное средство является лишь элементом системы и может функционировать только в её составе в отличие от известных транспортных средств, таких как автобус, троллейбус, трамвай, поезд метро, которые функционируют автономно.

Предлагается совершенно новый тип полностью автоматического городского общественного транспорта. Данный тип транспорта высокопроизводителен (не уступает метро), безопасен, энергоэкономичен и способен без помех со стороны других транспортных средств функционировать в насыщенной улично-дорожной среде. Данный тип транспорта является транспортом по запросу, т.е. адаптирован к любому пассажиропотоку (большому, среднему, низкому). Время ожидания пассажиром транспорта минимально и составляет 20 секунд. При этом пассажирам предоставляется возможность движения из пункта А в пункт В без остановок.

Частный автомобильный транспорт не способен обеспечить высокую провозную способность магистрали, т.к. по данным [1], в каждом авто в среднем перемещается 1.2–1.5 человека. Отсюда вывод – чтобы избежать транспортного коллапса, необходимо разгрузить перенасыщенные магистрали путем расширения масштабов перевозок общественным транспортом наземного типа и высокой производительности, приближающейся к производительности метро. Строительство последнего является дорогостоящим мероприятием (1 км метро стоит 40–60 млн долларов) [2].

Транспорт высокой производительности не должен иметь помех со стороны других участников движения или со стороны дорожной инфраструктуры улично-дорожной сети (УДС), к примеру, светофоров. Достичь такого эффекта возможно, на настоящий момент, путем разнесения различных транспортных потоков по уровням. Отсюда, соответственно, имеем подземный, наземный и надземный транспорт. Последний движется по надземным эстакадам. Строительство эстакад примерно от 4 до 8 раз менее затратно, чем строительство подземного транспорта (метро). Причем с точки зрения безопасности пассажиров такой транспорт на порядок более безопасен, чем метро. Но надземный транспорт плохо вписывается в городскую инфраструктуру и искажает облик города. Уступает и существенно по стоимости строительства наземным путям.

Таким образом, беспомеховый наземный транспорт массовой перевозки пассажиров является лучшей альтернативой городского транспорта будущего. В практике перевозок для характеристики потребностей городского населения в перевозках и систематического анализа условий перевозки пассажиров используются такая категория, как пассажиропоток [3], который характеризуется интенсивностью. Данные об интенсивности пассажиропотока используются для выбора транспорта необходимой вместимости и определения потребного количества транспортных средств.

На каждом маршруте могут быть использованы транспортные средства одной вместимости или разные по вместимости. Правильный выбор необходимой вместимости транспортного средства на линии оптимизирует затраты транспортного предприятия. Но оптимизация затрат предприятия может вести к увеличению времени ожидания транспортом пассажиром.

**3. Оптимизация затрат, выбор числа вагонов.** В предлагаемой транспортной системе перспективного самоуправляемого общественного городского транспорта, получившей название «инфобус», единичным транспортным средством является автономный электро-

кар (без водителя) вместимостью до 50 человек (инфобус). Одним из принципов, лежащих в работе данной транспортной системы [4, 5], является то, что клиент на остановочном пункте во время оплаты через терминал указывает также и остановку, до которой желает ехать. Вся информация с терминалов поступает на автоматический диспетчерский пункт. Из депо по маршруту отправляется поезд из нескольких самоуправляемых вагонов. Емкость вагонов, интервалы времени движения между остановками и время стоянки на остановках для данной системы считаются заданными.

Поставим задачу оптимизировать работу данной транспортной системы с целью определить минимальное количество вагонов, выходящих за одну поездку, которые обслужат всех пассажиров на остановках с заданной вероятностью  $\alpha$  (например,  $\alpha = 95\%$ ).

На основе данных с терминалов на остановках для момента отправления вагонов можно построить матрицу загрузки  $M$ , или, иначе, матрицу корреспонденций

$$M = \begin{pmatrix} m_{1,1} & \dots & m_{1,j} & \dots & m_{1,k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_{i,1} & \dots & m_{i,j} & \dots & m_{i,k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_{k,1} & \dots & m_{k,j} & \dots & m_{k,k} \end{pmatrix},$$

где  $k$  – количество остановок,  $m_{i,j}$  – количество пассажиров, севших на  $i$ -й остановке с целью доехать до  $j$ -й остановки ( $i, j = \overline{1, k}$ ).

Следует отметить, что все элементы матрицы  $M$  на главной диагонали и под главной диагональю равны нулю (т.к. пассажир не может выйти на остановке, на которой сел в вагон, и не может ехать «назад»). Таким образом, матрица  $M$  примет вид

$$M = \begin{pmatrix} 0 & m_{1,2} & m_{1,3} & m_{1,4} & \dots & m_{1,j} & \dots & m_{1,k} \\ 0 & 0 & m_{2,3} & m_{2,4} & \dots & m_{2,j} & \dots & m_{2,k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & m_{i,i+1} & \dots & m_{i,j} & \dots & m_{i,k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & m_{k-1,k} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Общее количество  $m_i$  пассажиров, садящихся на  $i$ -й остановке, определяется как сумма элементов  $i$ -й строки матрицы  $M$ :

$$m_i = \sum_{j=1}^k m_{i,j} = \sum_{j=i+1}^k m_{i,j}, \quad i = \overline{1, k}, \quad (2)$$

а количество выходящих на  $i$ -й остановке  $m_i$ , как сумма элементов  $i$ -го столбца

$$m_i = \sum_{j=1}^k m_{j,i} = \sum_{j=1}^{i-1} m_{j,i}, \quad i = \overline{1, k}. \quad (3)$$

Тогда после отъезда от остановок с номером  $r$  количество пассажиров в вагонах

$$s_r = \sum_{i=1}^r m_i - \sum_{i=1}^r m_i = \sum_{i=1}^r (m_i - m_i), \quad r = \overline{1, k}. \quad (4)$$

Определив, по имеющимся данным, величину  $S = \max_r s_r, r = \overline{1, k}$ , можно оценить количество вагонов  $W$ , необходимых для того, чтобы забрать всех пассажиров:

$$W = \left\lceil \frac{S}{V} \right\rceil, \quad (5)$$

где  $V$  – ёмкость вагона, а квадратные скобки обозначают округление вверх.

**Заключение.** Предложен новый тип городского общественного транспорта – информационный. Данный вид транспорта способен без помех со стороны других транспортных средств функционировать в насыщенной улично-дорожной среде и перевозить большое количество пассажиров, сравнимое с метро.

Предлагаемый тип транспорта является системой, в которой информационные процессы (сбор информации, обработка информации, принятие решений) выполняются постоянно и составляют основу информационной транспортной системы. Нарушение любого из этих процессов делает систему неработоспособной. Единичным транспортным средством системы является автономный электрокар (без водителя) вместимостью до 50 человек (инфобус).

*Работа выполнена при поддержке Европейского гранта «Grant Agreement Number 2013-4550/001-001» по проекту Ve-Safe – Белорусская сеть безопасных дорог совместно с тремя европейскими университетами: университет Сапиенца (Рим), Афинский политехнический университет и университет Лафборо (Англия).*

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Михайлов, А.Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей / А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. – Новосибирск: Наука, 2004. – 266 с.
2. Стоимость сооружения 1 км метро в Минске составляет от 40 до 60 млн долларов [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://minknews.by/blog/2014/08/19/stoimost-sooruzheniya-1-km-metro-v-minske-sostavlyayet-ot-40-do-60-mln-dollarov/>
3. Варелопупо, Г.А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте. – М.: Транспорт, 1981. – 93 с.
4. ShutsVasili, Kasyanik Valery. Cassette Robotics Transport System of Mass Conveyor Transportation of Passengers on the Basis of Mobile Robots – доклады 12-й Международной конференции «Reliability and Statistics in Transportation and Communication», Рига, 17–20 октября 2012 – С. 46–47.
5. Shuts, Vasili Mobile Autonomous robots – a new type of city public transport / Vasili Shuts, Valery Kasyanik // Transport and Telecommunication – 2011. – Volum 12. – No 4. – P. 52–60.

*Материал поступил в редакцию 10.01.2017*

#### **GLUSHCHENKO T.A., KASYANIK V.V., PROLISKY E.E., SHUTS V.N. Infobus – a new type of intellectual transport for passenger intercity transportation**

A new type of urban public transport has been proposed - information. This type of transport is capable without interference from the other vehicles to operate in a bustling street environment and to transport large numbers of passengers comparable to the metro. The proposed type of transport is a system in which information processes (data collection, information processing, decision-making) are carried out continuously and form the basis of the information transport systems.

УДК 681.325

**Lagun I., Nakonechnyi A.**

### **SELECTION OF WAVELET BASIS FOR THE EFFECTIVENESS PROCESSING OF SIGNALS**

**Introduction.** Currently, the wavelet theory is used to analyze a broad range of non-periodic, non-stationary types of signals in various application areas of science and technology, as it allows obtaining more comprehensive information about the signal.

The effectiveness of signal representations in wavelet domain and their analysis essentially depend on the choice of basis functions used during transform. The optimal choice of features enables the required accuracy of approximation of informative signals in a time-frequency domain. Wavelet transform allows compact representation of the energy of the signal in a small number of significant non-zero coefficients and thus, achieves a high speed of transformation with minimum required memory. Optimal selection of basis wavelet functions is important for signal denoising, and in many cases, determines the required number of signal decomposition levels and the thresholding methods.

**1. The fundamental properties of wavelets.** The theory of wavelet transform allows usage of different types of mother wavelets for signal processing. In most cases, during the selection of a parent wavelet, the following characteristics are taken into account: size of the support, the number of zero moments, and smoothness of basis functions [1]:

– **compact support.** It was established that the support size affects the approximation error of signals in the time-frequency domain, especially for finite functions. The smaller support size, the smaller error occurs during function decomposition. Dependence of the number of wavelet coefficients on a support size is also important. In order to minimize the quantity of coefficients with large amplitude is necessary to use the function with the smallest support size [2];

– **some zero moments.** The size of the support of functions and the

number of zero moments are independent variables. Thus, there is trade-off between the number of zero moments and the size of support. Given this, while selecting the basis functions, we need to take into account the following: if the signal has some isolated features and is smooth between these features, you must use the basis functions of a large number of zero moments. This allows receiving of a large number of small wavelet coefficients on a small scale. However, if the number of features increases, it is advisable to reduce the size of the support by reducing the number of zero moments [1, 2];

– **the smoothness of wavelet functions.** It is known that the number of zero moments and smoothness of basis functions are interdependent, but the nature of such relationship may be different depending on the type of wavelets considered family. For smooth functions, the best approximation of a high-frequency component is provided by a large number of zero moments, but not regularity of wavelet [2, 3]. Also, it is important to consider that the result of the approximation depends not only on the smoothness and the number of zero moments in the basis functions but also on the structure of the signal. Also, it is important to remember that the result of the approximation depends not only on the smoothness and the number of zero moments in the basis functions, but also on the structure of the signal [3];

– **orthogonality.** An important feature of wavelet functions is orthogonality. Orthogonal basis functions allow effective approximation of certain types of signals using a small number of coefficients. Each orthogonal wavelet coefficient contains an information about the relevant part of the signal and has no redundancy in this representation [4, 5].

More than one parent wavelet exists that have similar properties.

*Лягуна Илона Игоревна, аспирант кафедры компьютеризированных систем автоматики Национального университета «Львовская политехника».*

*Наконечный Адриан Иосифович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой компьютеризированных систем автоматики Национального университета «Львовская политехника».*

*Украина, НУ «Львовская политехника», 79013, г. Львов, ул. С. Бандеры 12.*

*Физика, математика, информатика*