



УДК 656, 007; 004.81, 614.8; 007; 51-7, 351; 351.81; 351.78

Я. А. Селиверстов, С. А. Селиверстов
Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН

И. А. Буров
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Технологии дополненной реальности как способ повышения качества городского транспортного обслуживания населения

Рассматривается проблема разметки области предпочтительного следования посредством мобильной технологии дополненной реальности применительно к маршрутам общественного транспорта. Анализируются современные теоретические и прикладные решения в использовании технологии дополненной реальности в мобильных приложениях в границах теории транспортного поведения. Ставится задача сокращения времени поиска маршрута следования общественного транспорта и принятия решения о выборе транспортного средства для неосведомленного городского жителя, в условиях ограниченного временного ресурса. Предлагается теоретический метод разметки маршрутов общественного транспорта на основе функции транспортной полезности. Разрабатывается алгоритм разметки маршрутов общественного транспорта. Программная реализация алгоритма в мобильном исполнении осуществляется в среде Unity и Vuforia с использованием API Yandex. Разрешается проблема поиска информации о маршрутах следования пассажирского транспорта и проблема повышения эффективности восприятия транспортной информации через ее визуальное отображение на мобильном устройстве. Сравнивается быстродействие разработанной технологии с существующими решениями по критерию времени. Обсуждаются рекомендации по дальнейшему использованию разработанных подходов.

Общественный транспорт, дополненная реальность, умный город, выбор маршрутов, область предпочтительного следования, мобильные приложения

Развитие информационных технологий и цифровизация городской транспортной среды открывает новые возможности повышение качества транспортного обслуживания городского населения [1], [2]. И если задачи поиска маршрутов предпочтительного следования были разрешимы в границах существующего информационного инструментария, стоявшего на вооружении транспортной науки [3], [4], то задачи разметки области предпочтительного следования и цепочек транспортной активности [5] оставались до настоящего времени неразрешимыми.

С появлением новых информационных решений научное направление «Travel behavior», или «Транспортное поведение», становится лидером

по числу научно-технологических внедрений, которые способны изменить городскую среду.

Одной из таких технологий является «дополненная реальность». Дополненная и виртуальная реальность стали глобальными трендами, которые имеют влияние, сравнимое с влиянием интернета и смартфонов. Технология дополненной реальности обогащает естественное окружение человека, делает его более ценным.

На данный момент уже существует множество приложений, упрощающих транспортное поведение городского населения.

Например, в [6] польскими учеными предложена пешеходная навигационная система «Navar», которая, используя технологию дополненной ре-

альности, маркерами размечает путь следования. Помимо маркерной разметки «Navar» выводит на экран текстовые пояснения, состоящие из списка остановок. В [7] представлена автомобильная система AR-HUD. Она накладывает виртуальные объекты на лобовое стекло водителя, дополняет информацию о транспортных средствах, дорожных знаках, дорожной разметке и различных ситуациях, тем самым способствуя повышению безопасности вождения. В [8] нью-йоркские ученые разработали прототип мобильного приложения с технологией дополненной реальности, которое представляет информацию о кампусе, маркируя объекты внутри него. В [9] представлено навигационное туристическое мобильное приложение, основанное на дополненной реальности. Данное приложение содержит видео, включая 3D-анимацию, с маршрутами по всему городу, содержащее все исторические здания. Каждое изображение имеет QR-код, который дает доступ к текстовой и мультимедийной информации через созданный для этого проекта веб-сайт. В [10] японские ученые разработали приложение, позволяющее скрыть человека с экрана мобильного телефона в момент наведения на него камеры

наложением на него специального фона под цвет окружающей среды. В [11] представлен мобильный путеводитель-гид по острову Корфу с дополненной реальностью.

Проведенный анализ свидетельствует о том, что технология дополненной реальности интенсивно развивается во всех областях социальной деятельности.

Однако до настоящего времени не были продемонстрированы узкоспециализированные технологические решения «дополненной реальности» в задачах разметки области предпочтительного следования для пользователей, передвигающихся с помощью общественного транспорта. Такие решения способствовали бы повышению качества транспортного обслуживания населения. Решению данного класса задач и посвящена настоящая статья.

Постановка проблемы. В границах методологического инструментария «Travel behavior» [12], [13] ставится задача сокращения времени поиска маршрута следования общественного транспорта и принятия решения о выборе транспортного средства для неосведомленного городского жителя в условиях ограниченного временного ресурса.

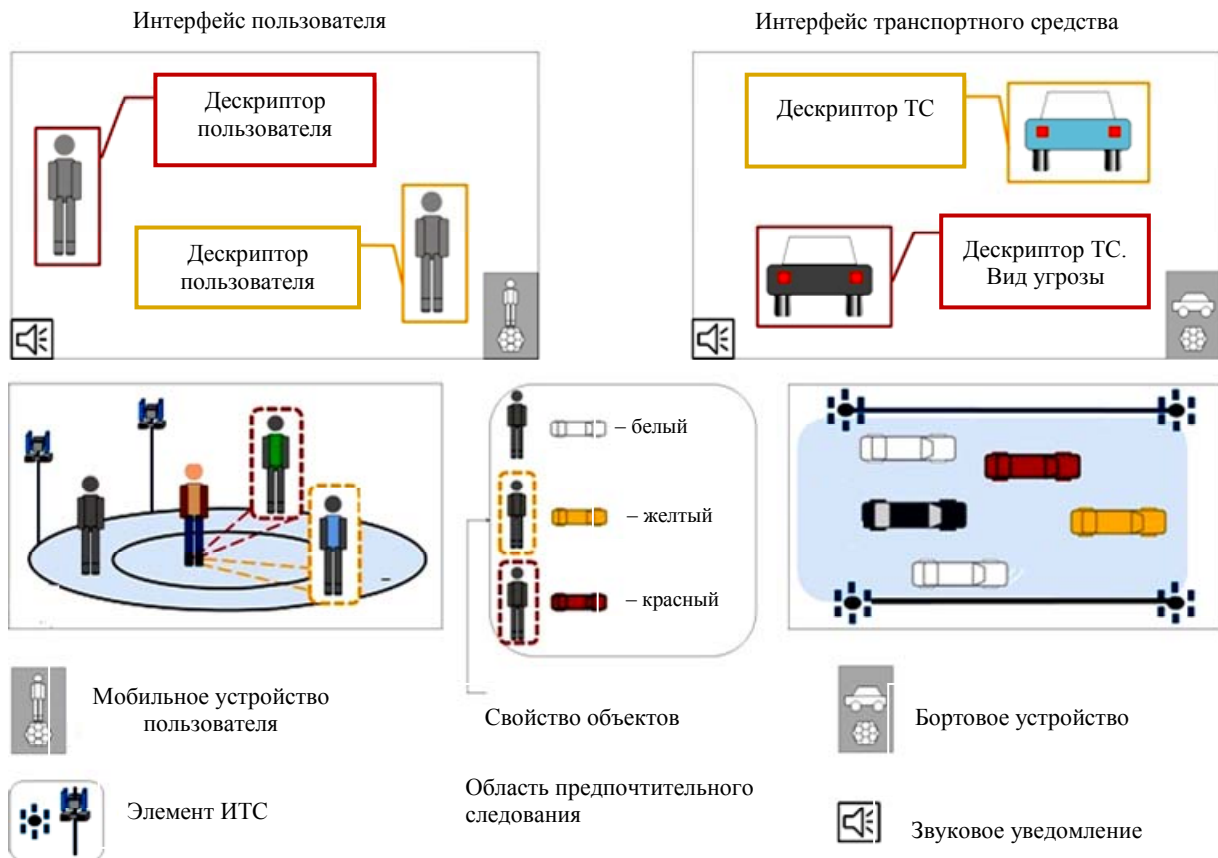


Рис. 1

Опишем следующую ситуацию. Каждому туристу, приехавшему в незнакомый город, знакомо состояние, когда требуется выбрать подходящий маршрут и вид общественного транспорта, чтобы добраться до пункта назначения. Подойдя к остановке и видя, как приближается незнакомый автобус, турист стоит перед выбором: зайти в него и уже внутри автобуса расспросить пассажиров, идет ли он до требуемого пункта назначения, или пропустить этот автобус, выясняя у стоящих рядом пассажиров или в Интернете сведения о маршруте данного транспортного средства.

В основу технологического решения положим метод разметки области предпочтительного следования, ранее рассмотренной в [14].

Метод разметки области предпочтительного следования. Область предпочтительного следования (рис. 1) – это пространственно-ограниченная область движения объекта, в которой характеристики входящих в нее объектов удовлетворяют персональным предпочтениям пользователя [14].

Разметка области предпочтительного следования максимизирует функцию транспортной полезности пользователя.

Функция транспортной полезности пользователя $\Phi_{h_{id}}$ принимает предпочтительное значение B_t^{Pref} , когда характеристики пути $Ch(\rho_s; \rho_d)$ и свойства входящих в него объектов $\mathcal{E}(\rho_s; \rho_d)$ удовлетворяют персональным предпочтениям пользователя на пути из места отправления ρ_s в место прибытия ρ_d , согласно формулам

$$\Phi_{h_{id}} = \lim B_t^{h_{id}}(\rho_{sh_{id}}; \rho_{dh_{id}}) = B_t^{Pref}(\rho_{sh_{id}}; \rho_{dh_{id}});$$

$$\left(Ch_{h_{id}}^{Pref} \overset{\Phi^\Gamma[\rho_{sh_{id}}; \rho_{dh_{id}}]}{\cap} Ch \right) = \mathcal{E}_{h_{id}}^{Pref}(\rho_{sh_{id}}; \rho_{dh_{id}}),$$

где h_{id} – пользователь с номером id ; $(\rho_s; \rho_d)$ – начальный и конечный участки пути соответственно; $Ch_{h_{id}}^{Pref}$ – предпочтительные характеристики пути пользователя h_{id} ; Φ^Γ – функционал системы разметки пути и области следования пользователя (дополненная реальность).

Задача разметки области предпочтительного следования разрешается программно-алгоритми-

чески в средах Unity и Vuforia, с использованием API Yandex.

Применительно к рассматриваемой задаче под разметкой области предпочтительного следования будем понимать дополнение изображения общественного вида транспорта цифровой аннотацией его маршрута при наведении камеры сотового телефона на его номер. Рассмотрим общий алгоритм решения данной задачи.

Общий алгоритм реализации дополненной реальности. Алгоритм разметки маршрута городского общественного транспорта с использованием технологии дополненной реальности представлен на рис. 2.

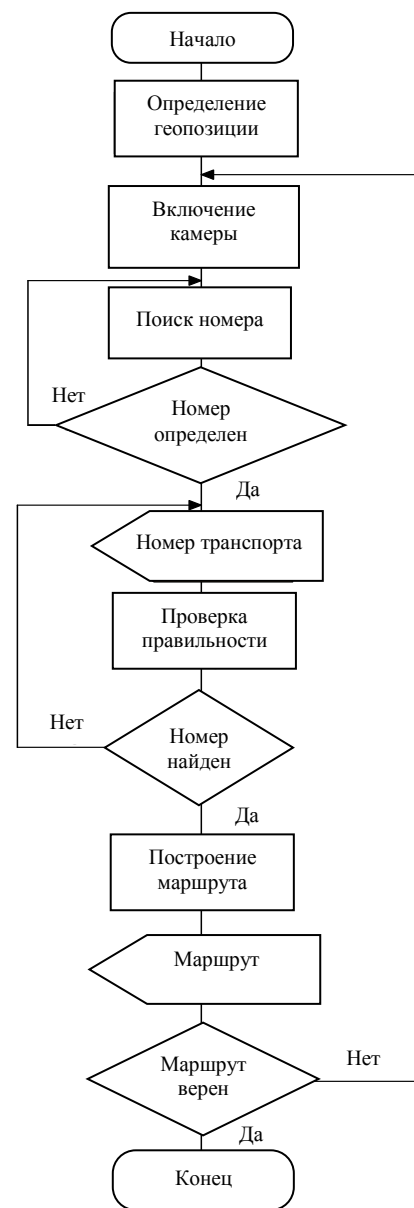


Рис. 2

```

46 public void OnTrackableStateChanged(
47     TrackableBehaviour.Status previousStatus,
48     TrackableBehaviour.Status newStatus)
49 {
50     if (newStatus == TrackableBehaviour.Status.DETECTED ||
51         newStatus == TrackableBehaviour.Status.TRACKED ||
52         newStatus == TrackableBehaviour.Status.EXTENDED_TRACKED)
53     {
54         OnTrackingFound();
55     }
56     else
57     {
58         OnTrackingLost();
59     }
60 }
61 private void OnTrackingFound()
62 {
63     Renderer[] rendererComponents = GetComponentsInChildren<Renderer>(true);
64     Collider[] colliderComponents = GetComponentsInChildren<Collider>(true);
65
66     // Enable rendering:
67     foreach (Renderer component in rendererComponents)
68     {
69         component.enabled = true;
70     }
71
72     // Enable colliders:
73     foreach (Collider component in colliderComponents)
74     {
75         component.enabled = true;
76     }
77
78     Debug.Log("Trackable " + mTrackableBehaviour.TrackableName + " found");
79 }
80 private void OnTrackingLost()
81 {
82     Renderer[] rendererComponents = GetComponentsInChildren<Renderer>(true);
83     Collider[] colliderComponents = GetComponentsInChildren<Collider>(true);
84
85     // Disable rendering:
86     foreach (Renderer component in rendererComponents)
87     {
88         component.enabled = false;
89     }
90
91     // Disable colliders:
92     foreach (Collider component in colliderComponents)
93     {
94         component.enabled = false;
95     }
96
97     Debug.Log("Trackable " + mTrackableBehaviour.TrackableName + " lost");
98 }
99 #endregion // PRIVATE_METHODS
100 }
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113

```

Рис. 3

Алгоритм выполняется следующим образом:

1. Определение геопозиции мобильного устройства пользователя.

Осуществляется с использованием библиотек `android.location.Location`; `android.location.LocationListener`; `android.location.LocationManager`.

2. Включение камеры мобильного устройства (Android/iOS).

Осуществляется с использованием следующих методов: `System`; `System.Collections.Generic`; `System.Runtime.InteropServices`; `System.Text.RegularExpressions`; `UnityEngine`.

3. Наведение камеры на номер городского общественного транспорта.

4. Вывод номера на экран номер транспортного средства.

```

5 public class Move : MonoBehaviour
6 {
7     int k = 0;
8     void Update()
9     {
10         if (Input.touchCount == 1) SetTarget();
11         if (Input.GetMouseButton(0)) SetTarget();
12     }
13
14     void SetTarget()
15     {
16         RaycastHit hit;
17
18         if (Physics.Raycast(Camera.main.ScreenPointToRay(Input.mousePosition), out hit))
19         {
20             if (hit.collider.tag == "123")
21             {
22                 var bus = Instantiate(Resources.Load("bus123"));
23                 k++;
24                 if (k > 1)
25                 {
26                     if (bus) Destroy(bus);
27                 }
28             }
29             if (hit.collider.tag == "322")
30             {
31                 var bus = Instantiate(Resources.Load("bus322"));
32                 k++;
33                 if (k > 1)
34                 {
35                     if (bus) Destroy(bus);
36                 }
37             }
38         }
39     }
40 }
41
42

```

Рис. 4

Осуществляется с использованием методов `UnityEngine`; `Trackable-Behaviour`.

5. Проверка пользователем правильности распознанного номера транспортного средства.

Осуществляется с использованием метода `UnityEngine`.

6. Вывод на экран мобильного устройства маршрута следования транспортного средства, если номер определен правильно.

Осуществляется с использованием метода `UnityEngine`.

7. Если номер транспортного средства распознан не верно, возврат к п. 5.

8. Вывод на экран мобильного устройства маршрута следования транспортного средства.

Осуществляется с использованием метода `com.google.android.maps.MapActivity`.

Определяя геопозицию с помощью Яндекс-карт, выбираем только номера общественного транспорта, проходящего поблизости, что ускоряет работу и точность его определения.

Части кода программы на примере поиска нужного номера и передачи номера по нажатию показаны на рис. 3 (скрипт, отвечающий за поиск нужного номера) и 4 (скрипт на передачу номера по нажатию).



Рис. 5

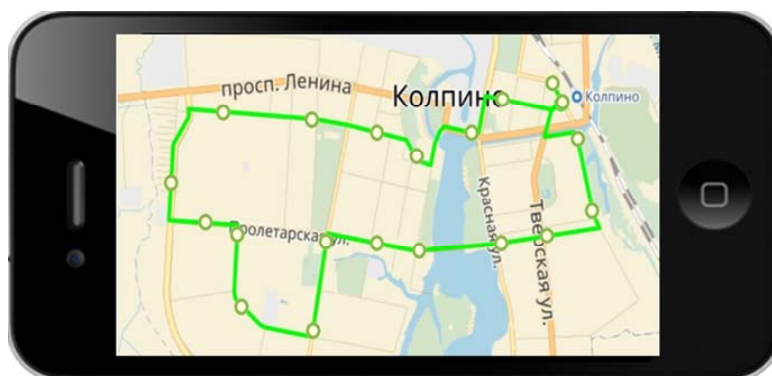


Рис. 6

| Действие | Разработанное приложение | | Существующие решения | |
|---|--------------------------|--|----------------------|--|
| | QR-code | Сканирование номера | Поиск в Интернете, с | Расспросить пассажира, с |
| Открытие приложения, с | 5–8 | 5–8 | 3–5 | 20–40 (в зависимости от того, есть ли пассажир на остановке и знает ли он о маршруте) |
| Ввод данных, с | 0 | 0 | 5 | |
| Скорость выведения маршрута, с | 1 | 1 | 2–3 | |
| Ввод данных при плохих погодных условиях, с | 0 | Зависит от состояния номера ТС и осадков | 5–8 | |
| Итого, с: минимум максимум | 6 | 6 | 15 | 20 |
| | 9 | 9 | 21 | 40 |

При наведении камеры смартфона на номер или QR-код, принадлежащий автобусу, троллейбусу или трамваю, он подсвечивается, и если этот номер распознается правильно, то пользователь принимает полученный API и получает готовый маршрут исследуемого транспорта (рис. 5 – фиксация номера камерой смартфона, и рис. 6 – выдача маршрута пассажирского транспорта).

Сравнение разработанной технологии с существующими решениями. Анализ эффективности и работоспособности приложения производился в Санкт-Петербурге (пос. Колпино) на остановке Вокзальная площадь 18 окт. 2017 г. в условиях средней видимости (облачное небо) в 10:00 утра. Рассматривались 4 варианта определения маршрута: 1) определение маршрута по

QR-коде; 2) сканирование номера и запуск приложения; 3) поиск номера в Интернете с помощью поисковой системы Яндекс; 4) расспрос стоящих рядом пассажиров. Первые два варианта реализованы в описанном ранее приложении, третий и четвертый соответствуют тому, как решается проблема определения маршрута в настоящее время. Анализ результатов представлен в таблице (оценка эффективности приложения по критерию времени).

Таким образом, разработанное приложение позволяет наиболее быстро и наглядно построить маршрут общественного транспорта: 9 с против 15 и 20 с. Использование QR-кода предпочтительно в условиях плохой видимости, так как QR-код может находиться за стеклом, рядом с номе-

ром транспортного средства. Такое размещение защищает его от грязи и выкрашивания, сводя к минимуму вероятность ошибки распознавания номера.

Таким образом, авторами была продемонстрирована эффективность применения технологии дополненной реальности в повышении качества обслуживания пассажиров общественного городского транспорта.

Используя дополненную реальность для маршрутизации, с помощью API Yandex-карт, Unity и Vuforia, определение геопозиции и вывод

маршрутов требуемого общественного транспорта происходит за секунды.

Данная технология обладает функциональной общностью и может быть использована в решении широкого класса городских транспортных задач [15], [16].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 16-31-00306 в рамках инициативного научного проекта «Мой первый грант» на тему: «Построение модели интеллектуального управления городскими транспортными потоками».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малыгин И. Г., Сильников М. В. Интеллектуальные системы транспортной безопасности // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 1 (29). С. 1–13.

2. Селиверстов С. А. О построении интеллектуальной системы организации и развития транспортной системы мегаполиса // Науч.-техн. ведомости СПбГПУ. Сер. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2015. № 2–3(217–222). С. 139–161.

3. Селиверстов Я. А., Селиверстов С. А. Использование систем класса ГАТЛОСЭМИ для предупреждения причин возникновения ДТП и неблагоприятных социальных исходов в «умном городе» // Науч.-техн. ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2016. № 1 (236). С. 65–81.

4. Селиверстов Я. А. О методе анализа структуры смешанного транспортного потока на городской улично-дорожной сети // Изв. Петерб. ун-та путей сообщения. 2015. № 3 (44). С. 104–111.

5. Селиверстов Я. А. Формальное построение цепочек транспортной активности городского населения // Науч.-техн. ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2015. № 4 (224). С. 91–104.

6. Królewski J., Gawrysiak P. Public Transport Navigation System with Augmented Reality Interface // Convergence and Hybrid Information Technology: 5th Intern. Conf., ICHIT 2011, Daejeon, Korea, Sept. 22–24, 2011. Proc. P. 545–551.

7. Abdi L., Ben Abdallah F., Meddeb A. In-Vehicle Augmented Reality Traffic Information System: A New Type of Communication Between Driver and Vehicle // Procedia Comp. Sci. 2015. № 73. P. 242–249.

8. A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Envi-

ronment / S. Feiner, B. MacIntyre, T. Hollerer, A. Webster // Personal Technologies. 1997. № 1 (4). P. 208–217.

9. Interactive Tourist Guide: Connecting Web 2.0, Augmented Reality and QR Codes / E. R. Fino, J. Martín-Gutiérrez, M. D. M. Fernández, E. A. Davara // Procedia Comp. Sci. 2013. № 25. P. 338–344.

10. Hasegawa K., Saito H. Diminished Reality for Hiding a Pedestrian using Hand-held Camera // 2015 IEEE Intern. Symp. on Mixed and Augmented Reality Workshops. Fukuoka, Japan. P. 47–52.

11. Tourists responses to mobile augmented reality travel guides: The role of emotions on adoption behavior / P. Kourouthanassis, C. Boletsis, C. Bardaki, D. Chasanidou // Pervasive and Mobile Computing. 2015. P. 1574–1192.

12. Sierpiński G. Intelligent Transport Systems and Travel Behaviour // 13th Scientific and Technical Conf. «Transport Systems. Theory and Practice 2016». Katowice, Poland, 2016. 205 p.

13. Huelsen M. Knowledge-Based Driver Assistance Systems. Traffic Situation Description and Situation Feature Relevance. Karlsruhe, Germany: Springer Vieweg, 2014. 176 p.

14. Селиверстов С. А., Селиверстов Я. А. Метод построения пути субъективного предпочтительного следования / Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2016. № 4. С. 31–37.

15. Стариченков А. Л. Особенности построения системы городского транспортно-логистического мониторинга // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2015. № 1. С. 29–36.

16. Стариченков А. Л. О методе организации бесконфликтного непрерывного процесса движения транспорта в мегаполисе // Транспорт: наука, техника, управление. 2016. № 10. С. 26–35.

Ya. A. Seliverstov, S. A. Seliverstov

The Institute of Transport Problems N. S. Solomenko of the Russian Academy of Sciences

I. A. Burov

Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

TECHNOLOGIES OF ADDITIONAL REALITY AS A WAY OF INCREASING THE QUALITY OF URBAN TRANSPORT SERVICES

The problem of marking the area of the preferred route by means of mobile technology of augmented reality for public transport routes is considered. The analysis of modern theoretical and applied solutions of using the technology of augmented reality in mobile applications within the boundaries of the theory of transport behavior is carried out. The task is to reduce the time interval for finding a route for public transport and to decide on the choice of a vehicle for an ignorant urban resident, in the conditions of a limited time resource. A theoretical method for marking the routes of public transport on the basis of the transport utility function is proposed. An algorithm is developed for marking the routes of public transport. The software implementation of the algorithm in mobile execution is performed in the Unity and Vuforia environment, using the Yandex API. The problem of finding information on the routes of passenger transport and the problem of improving the perception of transport information through its visual display on a mobile device are solved. A comparison is made between the speed of the developed technology and the existing solutions by the time criterion. Recommendations on its further use of the developed approaches are discussed.

Public transport, augmented reality, smart city, choice of routes, preferred route, mobile applications
