



УДК 004.021

АВТОМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛОКАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ И ПРИДОМОВОЙ ТЕРРИТОРИИ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПЛАНИРОВАНИЯ ГОРОДСКОГО РАЙОНА

Д.И. Муромцев^a, А.В. Сендер^a, А.М. Чиркин^b, Н.И. Лисица^a^a Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация^b Высшая Техническая школа Цюриха, Цюрих, CH-8093, ШвейцарияАдрес для переписки: mouromtsev@mail.ifmo.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию 16.11.16, принята к печати 28.12.16

doi: 10.17586/2226-1494-2017-17-1-75-80

Язык статьи – русский

Ссылка для цитирования: Муромцев Д.И., Сендер А.В., Чиркин А.М., Лисица Н.И. Автоматический анализ локальных маршрутов и придомовой территории для поддержки планирования городского района // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017. Т. 17. № 1. С. 75–80. doi: 10.17586/2226-1494-2017-17-1-75-80

Аннотация

Представлены результаты исследования по поддержке процесса планирования и автоматизации процедуры проектирования в сфере городского дизайна с целью сокращения продолжительности цикла проектирования. Показаны способы разработки и формализации количественных критериев городского проектирования. Предложены два алгоритма поддержки процесса планирования городского района на ранних стадиях проектирования без значительных временных затрат. Процесс планирования предполагает рассмотрение нескольких альтернативных вариантов. Алгоритмы позволяют автоматизировать расчет необходимых составляющих плана городского района. Первый алгоритм дает оценку необходимой придомовой территории на основе существующей конфигурации зданий с возможностью ее сохранения, а также ограничений на дальнейшие стадии планирования при сохранении существующей планировки. Второй алгоритм осуществляет планировку возможных маршрутов между зданиями и позволяет оптимально интегрировать проектируемый квартал в городскую среду. Представленное решение предусматривает формальное рассмотрение проекта соответствующими специалистами на более поздних стадиях планирования. Предлагаемые автоматизированные инструменты, хотя и не обеспечивают получение оптимального решения, однако позволяют оценить потенциал планировочного решения на ранних этапах проектирования. Реализация оценки критериев в автоматизированной системе проектирования позволяет архитекторам сократить количество ошибок, выявляемых профильными специалистами на более поздних стадиях работы. Существенно ускоряется и упрощается общий процесс работы планировщика. Предлагаемые алгоритмы интегрированы в систему городского планирования qua-kit.ethz.ch. Результаты разработки могут использоваться как в процессе планирования, так и в образовательных целях.

Ключевые слова: планирование городского района, дизайн городского пространства, автоматизированные инструменты оценки планировочных решений

Благодарности

Работа является частью исследовательского проекта ADvISE (Data analysis for understanding the impact of urban design on social performance of a city, «Анализ данных для понимания влияния дизайна городского пространства на социальные показатели города»), проект Высшей технической школы Цюриха). Работа частично поддержана грантом РГНФ 16-23-41007.

AUTOMATIC ANALYSIS OF LOCAL ROUTES AND ADJACENT HOUSE TERRITORY FOR URBAN PLANNING SUPPORT

D.I. Mouromtsev^a, A.V. Sender^a, A.M. Chirkin^b, N.I. Lisitsa^a^a ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation^b ETH Zurich, Zurich, CH-8093, SwitzerlandCorresponding author: mouromtsev@mail.ifmo.ru

Article info

Received 16.11.16, accepted 28.12.16

doi: 10.17586/2226-1494-2017-17-1-75-80

Article in Russian

For citation: Mouromtsev D.I., Sender A.V., Chirkin A.M., Lisitsa N.I. Automatic analysis of local routes and adjacent house territory for urban planning support. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2017, vol. 17, no. 1, pp. 75–80. doi: 10.17586/2226-1494-2017-17-1-75-80

Abstract

The paper presents research results of supporting the planning automation procedures and design in the field of urban design in order to reduce the design cycle duration. We show the methods of development and formalization of quantitative criteria for urban design. Two algorithms are proposed to support the urban area planning process at the early design stages without sufficient time-consuming. The planning process involves several alternatives. The algorithms give the possibility to automate the calculation of the required components of the urban area plan. The first algorithm assesses the required adjacent house territory based on the existing configuration of buildings with the possibility of its preservation, as well as restrictions on the further planning stages in view of maintaining the existing plan. The second algorithm performs a plan of possible routes between the buildings and enables to carry out an optimal integration of the projected quarter in the urban environment. The given solution provides for a formal review of the project by specialists at the later stages of planning. Although the offered automated tools do not provide an optimal solution, they give the possibility to estimate the potential of planning decisions at the early stages of design. Implementation of the evaluation criteria in the automated design system enables the architects to reduce the number of errors detected by the specialized experts at the later stages of work. The planner's overall operation process is accelerated and simplified significantly. The proposed algorithms are integrated into the system of urban planning qua-kit.ethz.ch. Development results can be used in the planning process as well as for educational purposes.

Keywords

urban area planning, urban design, automated planning decisions assessment tools

Acknowledgements

The work is a part of ADvISE research project ("Data analysis for understanding the impact of urban design on social performance of a city (ADvISE)" ETH Zürich project). This work was partially supported by RHF grant 16 -23-41007

Введение

Планирование и дизайн городского района – это сложные коллективные процессы, включающие в себя работу архитекторов и специалистов из разных инженерных областей. На ранних стадиях планирования ключевую роль играют дизайнерские решения архитектора, однако любые решения должны проходить проверку и адаптацию инженерами. Таким образом, работа над городским проектом проходит через циклы предложений и проверок, которые могут требовать значительного времени и трудозатрат.

Данная работа является частью исследовательского проекта ADvISE («Data analysis for understanding the impact of urban design on social performance of a city» или «Анализ данных для понимания влияния дизайна городского пространства на социальные показатели города», проект Высшей технической школы Цюриха, Швейцария) по поддержке процесса планирования, направленного на частичную автоматизацию и сокращение циклов работы в сфере городского дизайна. Одной из задач проекта ADvISE является разработка и формализация количественных критериев городского проектирования. Реализация оценки критериев в автоматизированной системе проектирования позволит архитекторам сократить количество ошибок, которые обычно проверяются профильными специалистами на более поздних стадиях работы. Это, в свою очередь, сократит продолжительность и количество циклов работы над городским проектом.

Под критерием оценки будем понимать количественное измерение какого-либо аспекта дизайна, например, уровень шума, плотность населения, загруженность дорог транспортом и т.д. Некоторые критерии, такие как уровень шума или доступность городской инфраструктуры, легко поддаются количественной оценке. Для оценки других критериев необходимо использовать методы статистики и машинного обучения, исходя из задач дизайна проектировочных предложений.

Проект ADvISE изучает процесс дизайна городского района, в котором форма занимает центральное положение и определяет основные характеристики сопутствующей планировки: малые дороги, придомовую территорию, инфраструктуру. В нормальных условиях при такой модели группа дизайнеров проходит несколько циклов создания эскиза и инженерной оценки возможности его реализации. Одна из целей проекта состоит в том, чтобы укоротить данный цикл и автоматизировать часть инженерных задач, возникающих на ранних этапах работы над дизайном.

Оценка придомовой территории района является одной из задач, поддающихся частичной автоматизации в процессе дизайна. Придомовая территория – земельный участок, на котором расположен жилой дом, предназначенный для организации мест отдыха, детских, физкультурных и хозяйственных площадок, зеленых насаждений, создания пешеходных площадок, проездов и мест стоянки автотранспорта данного жилого дома. Придомовая территория жилых домов включает в себя: территорию под жилым домом; проезды и тротуары; озелененные территории; игровые площадки для детей; площадки для отдыха; спортивные площадки; площадки для временной стоянки транспортных средств; площадки для хозяйственных целей; площадки, оборудованные для сбора твердых бытовых отходов; другие территории, связанные с содержанием и эксплуатацией жилого дома.

В рамках настоящей работы понятие «локальные маршруты» включает в себя пешеходные дороги [1], площадки и проезды к зданиям. Локальные маршруты должны быть построены таким образом, чтобы позволить жителям данного района удобно перемещаться между зданиями и обеспечить доступ в окружающую район транспортную сеть [2]. Немаловажную роль в построении таких маршрутов играет вос-

принимаемое расстояние, зависящее не только от геометрического расстояния, но и от количества поворотов на пути между двумя точками [3].

Цель данной работы состоит в оценке формы придомовой территории и возможной сети локальных маршрутов, что включает в себя: анализ требований на размеры, расположение и структуру придомовой территории; формализацию требований в математической модели критериев; построение алгоритма для численной оценки.

Геометрия городского района

В рамках проекта с целью формирования исходных данных для исследований были изучены конкретные требования на размеры, расположение и структуру придомовой территории на базе официальных нормативных документов^{1,2}. Среди ключевых требований были выделены следующие.

Общая площадь придомовой территории. Придомовая территория (озеленяемая и благоустраиваемая) включает подходы и подъезды к домам, гостевые автостоянки, расстояние от окон домов до границ площадок отдыха. Учитываются нормы по площади придомовой территории на одного человека в зависимости от плотности застройки, а также условий эксплуатации придомовых территорий.

Расстояние от жилых домов до границ придомовой территории. Используются данные СНИП «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений»², описывающие требования к въездам на придомовую территорию жилых кварталов, сквозные проезды в зданиях (габариты проездов, расстояние от проездов до входов в здания и до жилых зданий с квартирами в первых этажах), данные об основных и второстепенных пешеходных дорожках (тротуарах).

Придомовая территория, и локальные маршруты являются неотъемлемой частью архитектурного комплекса. Следовательно, для построения данных моделей необходимо определить модель геометрии района [4–6]. Поскольку и территория и маршруты определены на поверхности, а не в объеме, достаточно использовать информацию о проекции зданий на плоскость. Однако в некоторых случаях необходимо знать количество этажей или высоту зданий, поэтому модель района также должна включать высоту зданий (среднюю или максимальную).

Определим сценарий (геометрию городского района) как множество зданий: $B = \{b_1, \dots, b_n\}$. Здание b определяется как набор стен W , его ограничивающих, а также высота h : $b = \langle W_b, h_b \rangle$, $W_b = \{w_1, \dots, w_{n_b}\}$, $n_b \geq 3$. Стена определяется центром $c_w \in \mathbb{R}^2$ и направлением $d_w \in \mathbb{R}^2$, длина вектора d_w равна половине длины стены. Для удобства дальнейших выкладок и исключения невозможных конфигураций можно наложить несколько ограничений на данные обозначения не ограничивая общности модели:

- набор стен в здании W_b упорядочен против часовой стрелки и формирует замкнутый контур (или несколько, в случае внутренних стен); отсюда следует $n_b \geq 3$, где n – число зданий.
- направление стен d_w фиксировано против часовой стрелки, так что по левую сторону от стены всегда находится здание.

Предложенная модель предоставляет полную информацию о конфигурации зданий на плоскости, а также о высоте зданий. Здания представлены в виде многоугольников на плоскости, что позволяет использовать любые геометрические алгоритмы. Например, несложно вычислить площадь здания S_b :

$$S_b = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n_b} \begin{vmatrix} x_{c_i} - x_{d_i} & x_{c_i} + x_{d_i} \\ y_{c_i} - y_{d_i} & y_{c_i} + y_{d_i} \end{vmatrix},$$

где c_i и d_i – центры и направления соответствующих стен.

Модель придомовой территории

Принимая во внимание анализ стандартов, приведенных в предыдущем разделе, можно выделить несколько параметров, определяющих основные требования к придомовой территории. Конкретные значения параметров зависят от большого количества факторов, поэтому определить их для всех случаев не представляется возможным – параметры должны быть предоставлены дизайнером на основе контекста задачи [7–9]. Согласно описанию, модель включает в себя следующие параметры:

- $S_{\text{opt}}(S_b, h_b)$ – оптимальная площадь придомовой территории;
- $h_{\text{min}}(S_b, h_b)$ – минимальное расстояние от стен зданий до края придомовой территории;
- $h'_{\text{min}}(S_b, h_b)$ – минимальное расстояние от парадного входа в здание до края придомовой территории.

Здесь S_b и h_b обозначают площадь и высоту здания соответственно. Таким образом, задача построения придомовой территории сводится к задаче условной оптимизации [10–12]. Пространство опти-

¹ Строительные нормы и правила. СНиП 2.07.01-89. «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», М., 1994. пп.2.8–2.15. С. 3–4.

² СП 42.13330.2011. Свод правил. «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*», утв. Приказом Минрегиона РФ от 28.12.2010 № 820. пп. 5.1–5.9, 7.5–7.7, п.11.25.

мизации – пространство возможных конфигураций придомовой территории; функция потерь может быть задана как $(S(X) - S_{\text{opt}}(S_b, h_b))^2$; $h_{\min}(S_b, h_b)$ и $h'_{\min}(S_b, h_b)$ выступают в роли (в общем случае нелинейных) условий. Однако, чтобы определить пространство конфигураций, необходимо установить дополнительные ограничения на форму придомовой территории. Выбор, приведенный далее, продиктован соображениями эффективности численного решения задачи: ограничивающий территорию многоугольник можно получить «отодвинув» сегменты многоугольника, ограничивающего площадь здания, на расстояние $h_{\min}(S_b, h_b)$ или $h'_{\min}(S_b, h_b)$ так, чтобы не увеличивать количество сегментов многоугольника (рис. 1). К сожалению, такая операция может привести к недопустимой (придомовые территории перекрываются) или неоптимальной (относительно $S_{\text{opt}}(S_b, h_b)$) конфигурации. Решение второй проблемы можно найти путем оптимизации, определив пространство оптимизации как множество расстояний «стена – край территории». Первая проблема (придомовые территории перекрываются) означает недопустимость конфигурации зданий, т.е. ошибку дизайнера. В этом случае программа, реализующая алгоритм, должна уведомить пользователя об ошибке.

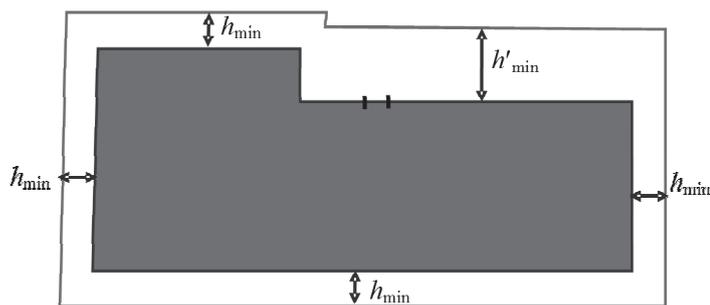


Рис. 1. Придомовая территория (белая область, ограниченная внешним многоугольником) должна удовлетворять определенным требованиям к размеру относительно здания (темная область)

Основным шагом алгоритма реализации модели является изменение ширины здания («движение» стены w_i) в направлении, перпендикулярном d_{w_i} . Такое изменение должно удовлетворять нескольким уравнениям:

$$\begin{aligned} c'_{i+1} - d'_{i+1} &= c'_i + d'_i; \\ d'_i &= \alpha_i d_i; \\ c'_i &= c_i + h_i r_i^* + \beta_i d_i \end{aligned}$$

Здесь h_i – величина сдвига, α_i и β_i – неизвестные параметры; $r_i^* = \frac{1}{\|d_i\|} \begin{pmatrix} y d_i \\ -x d_i \end{pmatrix}$ – вектор, перпендикулярный d_i . Первое уравнение следует из определения и условия, что стены образуют замкнутый контур. Второе уравнение говорит о том, что d_i не может менять направление, но только размер. В третьем уравнении новое значение c'_i получается переносом перпендикулярно стене на расстояние h_i и переносом вдоль стены на неизвестное значение $\beta_i d_i$. Все вместе уравнения образуют неоднородную систему из $2n$ уравнений с $2n$ неизвестными:

$$\begin{aligned} c_{i+1} + h_{i+1} r_{i+1}^* + \beta_{i+1} d_{i+1} - \alpha_{i+1} d_{i+1} &= c_i + h_i r_i^* + \beta_i d_i + \alpha_i d_i; \\ \alpha_i d_i + \alpha_{i+1} d_{i+1} + \beta_i d_i - \beta_{i+1} d_{i+1} &= c_{i+1} - c_i + h_{i+1} r_{i+1}^* - h_i r_i^*. \end{aligned}$$

Здесь правая часть известна, индексы меняются от 1 до n циклично, т.е. для любой величины $z_{n+1} = z_1$. В сумме это дает n уравнений на векторах в \mathbb{R}^2 , или $2n$ уравнений, если рассматривать x и y координаты раздельно. Следовательно, данная система имеет единственное решение, если соответствующий определитель не равен нулю. Следует заметить, что данная система не всегда имеет решение из-за дополнительных условий: d_i не может быть отрицательным, а значит, $\alpha_i \geq 0$. Кроме того, эта система отражает шаг алгоритма только для одного здания; пересечения многоугольников (придомовых территорий) необходимо отслеживать отдельно.

Определив уравнение для пересчета конфигурации придомовой территории, можно задать последовательность оптимизации:

1. первое приближение: получить придомовую территорию путем «расширения» многоугольников зданий на расстояния $h_{\min}(S_b, h_b)$ и $h'_{\min}(S_b, h_b)$;
2. шаг оптимизации: определить вектор h так, чтобы приблизить площадь многоугольника к оптимальной, но не допустить пересечения с другими многоугольниками. Использовать систему линейных алгебраических уравнений, описанную выше для пересчета конфигурации.

Результатом выполнения алгоритма является оптимальная конфигурация придомовых территорий.

Модель локальных маршрутов

После построения придомовой территории возникает вопрос удобства заданной планировки с точки зрения транспортной и пешей доступности [13–15] [13, 14]. Необходимым условием положительного ответа на данный вопрос является возможность прокладки дорог и тротуаров по территории планируемого района. Формально это задача построения плоского графа, соединяющего необходимый набор точек на плоскости (входы в здания и внешние дороги или перекрестки, ограничивающие район). Дополнительные ограничения заключаются в том, что ребра графа (дороги) не должны пересекать придомовые территории. Очевидно, ребра имеют ненулевую ширину, что определяет единственный параметр модели: d_{\min} – минимальная ширина ребра графа (дороги); расстояние от любой точки на ребре графа до запрещенной области (придомовой территории) должно быть меньше $d_{\min}/2$.

Алгоритм реализации подобной модели состоит из следующих основных шагов:

- построить регулярную сетку размера $n \times m$, покрывающую целиком сценарий;
- на сетке записать значения расстояния до ближайшей придомовой территории или 0 для точек на придомовой территории;
- построить граф, в котором вершины – локальные максимумы или седловые точки на сетке, а ребра соединяют ближайшие точки;
- последовательно удалять точки, для которых угол между двумя ребрами близок к 180° .

Интеграция с системой qua-kit

В рамках проекта ADVISE был разработан прототип упрощенной онлайн-системы поддержки городского планирования qua-kit. Quick Urban Analysis Kit (qua-kit) – это клиент-серверное приложение, позволяющее производить простые манипуляции с геометрией и визуализировать результаты автоматического анализа в любом современном браузере. Пример визуализации представлен на рис. 2. Подключение инструментов анализа производится по системе сервисов: сервис может быть запущен на любом компьютере как консольное приложение и подключен к системе через локальную сеть или Интернет. Qua-kit отвечает за передачу геометрии, параметров и результатов между сервисами и клиентским приложением.

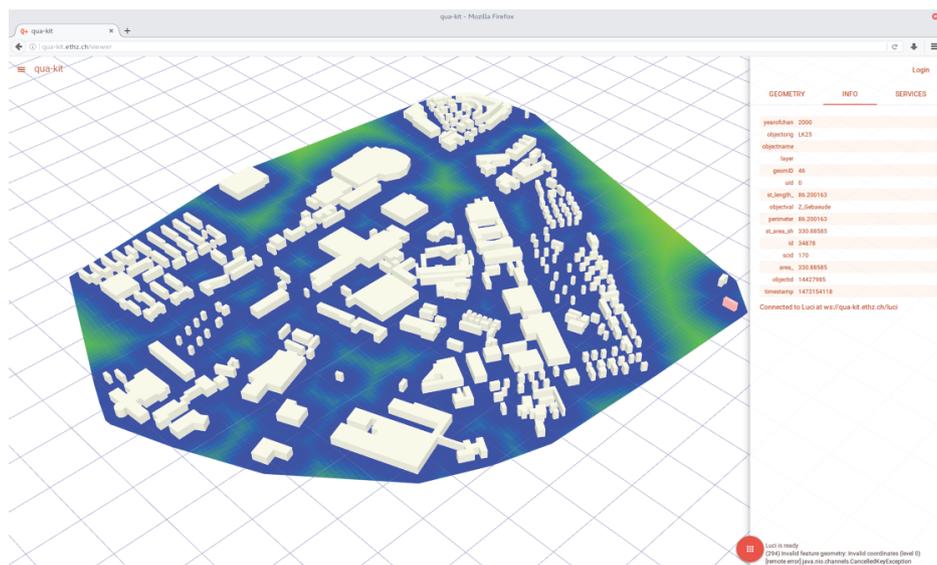


Рис. 2. Qua-kit-визуализация результатов работы сервиса (шаг координатной сетки – 50 м)

Предложенные в данной работе модели реализуются как сервис qua-kit. Когда пользователь запрашивает запуск сервиса, он предоставляет параметры модели и геометрию через графический интерфейс qua-kit. Сервис получает данные параметры по стандартному протоколу, а геометрию запрашивает у qua-kit отдельным сообщением в формате GeoJSON. Затем геометрия преобразуется в описанный выше формат, и запускаются основные алгоритмы. Результат работы алгоритма преобразуется в GeoJSON геометрию, обозначающую дороги и придомовые территории, и отсылается обратно на сервер qua-kit.

Заключение

В работе были проанализированы возможные требования к придомовой территории и локальным маршрутам в проектировании городского квартала. На основе анализа были построены математические модели и предложены алгоритмы их численного построения. Алгоритмы реализуются в системе qua-kit и в будущем будут использованы при планировании, а также в исследовательских и учебных целях.

Литература

1. Koohsari MJ, Sugiyama T., Mavoja S., Villanueva K., Badland H, Giles-Corti B., Owen N. Street network measures and adults' walking for transport: application of space syntax // *Health Place*. 2016. V. 38. P. 89–95. doi: 10.1016/j.healthplace.2015.12.009
2. Koohsari M.J., Kaczynski A.T., McCormack G.R., Sugiyama T. Using space syntax to assess the built environment for physical activity: applications to research on parks and public open spaces // *Leisure Sciences*. 2014. V. 36. N 2. P. 206–216. doi: 10.1080/01490400.2013.856722
3. Baran P.K., Rodriguez D.A., Khattak A.J. Space syntax and walking in a new urbanist and suburban neighborhoods // *Journal of Urban Design*. 2008. V. 13. N 1. P. 5–28. doi: 10.1080/13574800701803498
4. Avital M., Te'eni D. From generative fit to generative capacity: exploring an emerging dimension of information systems design and task performance // *Information Systems Journal*. 2009. V. 19. N 4. P. 345–367. doi: 10.1111/j.1365-2575.2007.00291.x
5. Liu B., Chen X. 2013. Uncertain multiobjective programming and uncertain goal programming // *Journal of Uncertainty Analysis and Applications*. 2013. V. 3. N 1. P. 1–10. doi: 10.1186/s40467-015-0036-6
6. Frazer J. Creative design and the generative evolutionary paradigm / In: *Creative Evolutionary Systems*. 2002. P. 253–274. doi: 10.1016/b978-155860673-9/50047-1
7. Janssen P. A generative evolutionary design method // *Digital Creativity*. 2006. V. 17. N 1. P. 49–63. doi: 10.1080/14626260600665736
8. Knox W.B., Stone P. Framing reinforcement learning from human reward: reward positivity, temporal discounting, episodicity, and performance // *Artificial Intelligence*. 2015. V. 225. P. 24–50. doi: 10.1016/j.artint.2015.03.009
9. Koksalan M., Wallenius J., Zionts S. An early history of multiple criteria decision making // *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 2013. V. 20. N 1-2. P. 87–94. doi: 10.1002/mcda.1481
10. Naik N., Philipoom J., Raskar R., Hidalgo C. Streetscore - predicting the perceived safety of one million streetscapes // *Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*. 2014. doi: 10.1109/cvprw.2014.121
11. Sant'Anna A.P. *Probabilistic Composition of Preferences, Theory and Applications*. Springer, 2015. 141 p.
12. Shneiderman B. *Leonardo's Laptop: Human Needs and the New Computing Technologies*. MIT Press, 2003. 281 p.
13. Turner A., Penn A., Hillier B. An algorithmic definition of the axial map // *Environment and Planning B: Planning and Design*. 2005. V. 32. N 3. P. 425–444. doi: 10.1068/b31097
14. Zitzler E., Thiele L. Multiobjective evolutionary algorithms: a comparative case study and the strength Pareto approach // *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*. 1999. V. 3. N 4. P. 257–271. doi: 10.1109/4235.797969

Авторы

Муромцев Дмитрий Ильич – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, mouromtsev@mail.ifmo.ru

Сендер Арина Викторовна – заместитель директора, Университет ИТМО, Институт дизайна и урбанистики, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, arisend@gmail.com

Чиркин Артем Михайлович – младший научный сотрудник, Высшая Техническая школа Цюриха, Цюрих, CH-8093, Швейцария, chirkin@arch.ethz.ch

Лисица Никита Игоревич – студент, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, lisyarus@gmail.com

References

1. Koohsari MJ, Sugiyama T., Mavoja S., Villanueva K., Badland H, Giles-Corti B., Owen N. Street network measures and adults' walking for transport: application of space syntax. *Health Place*, 2016, vol. 38, pp. 89–95. doi: 10.1016/j.healthplace.2015.12.009
2. Koohsari M.J., Kaczynski A.T., McCormack G.R., Sugiyama T. Using space syntax to assess the built environment for physical activity: applications to research on parks and public open spaces. *Leisure Sciences*, 2014, vol. 36, no. 2, pp. 206–216. doi: 10.1080/01490400.2013.856722
3. Baran P.K., Rodriguez D.A., Khattak A.J. Space syntax and walking in a new urbanist and suburban neighborhoods. *Journal of Urban Design*, 2008, vol. 13, no. 1, pp. 5–28. doi: 10.1080/13574800701803498
4. Avital M., Te'eni D. From generative fit to generative capacity: exploring an emerging dimension of information systems design and task performance. *Information Systems Journal*, 2009, vol. 19, no. 4, pp. 345–367. doi: 10.1111/j.1365-2575.2007.00291.x
5. Liu B., Chen X. 2013. Uncertain multiobjective programming and uncertain goal programming. *Journal of Uncertainty Analysis and Applications*, 2013, vol. 3, no. 1, pp. 1–10. doi: 10.1186/s40467-015-0036-6
6. Frazer J. Creative design and the generative evolutionary paradigm. In *Creative Evolutionary Systems*, 2002, pp. 253–274. doi: 10.1016/b978-155860673-9/50047-1
7. Janssen P. A generative evolutionary design method. *Digital Creativity*, 2006, vol. 17, no. 1, pp. 49–63. doi: 10.1080/14626260600665736
8. Knox W.B., Stone P. Framing reinforcement learning from human reward: reward positivity, temporal discounting, episodicity, and performance. *Artificial Intelligence*, 2015, vol. 225, pp. 24–50. doi: 10.1016/j.artint.2015.03.009
9. Koksalan M., Wallenius J., Zionts S. An early history of multiple criteria decision making. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 2013, vol. 20, no. 1-2, pp. 87–94. doi: 10.1002/mcda.1481
10. Naik N., Philipoom J., Raskar R., Hidalgo C. Streetscore - predicting the perceived safety of one million streetscapes. *Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, 2014. doi: 10.1109/cvprw.2014.121
11. Sant'Anna A.P. *Probabilistic Composition of Preferences, Theory and Applications*. Springer, 2015, 141 p.
12. Shneiderman B. *Leonardo's Laptop: Human Needs and the New Computing Technologies*. MIT Press, 2003, 281 p.
13. Turner A., Penn A., Hillier B. An algorithmic definition of the axial map. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2005, vol. 32, no. 3, pp. 425–444. doi: 10.1068/b31097
14. Zitzler E., Thiele L. Multiobjective evolutionary algorithms: a comparative case study and the strength Pareto approach. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 1999, vol. 3, no. 4, pp. 257–271. doi: 10.1109/4235.797969

Authors

Dmitry I. Mouromtsev – PhD, Associate professor, Head of Chair, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, mouromtsev@mail.ifmo.ru

Arina V. Sender – Deputy director, Institute of design and urban studies, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, arisend@gmail.com

Artem M. Chirkin – junior scientific researcher, ETH Zurich, Zurich, CH-8093, Switzerland, chirkin@arch.ethz.ch

Nikita I. Lisitsa – student, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, lisyarus@gmail.com