

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ОТКРЫТЫХ ПРОСТРАНСТВ

Пахомова Весна Игоревна

магистрант кафедры градостроительства.
Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент А.Ю. Липовка,
Институт архитектуры и дизайна
ФГБОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
Россия, Красноярск, e-mail: VPKhm@ya.ru

УДК: 711:004
ББК: 30.2-5-05

Аннотация

В статье рассматривается использование программного обеспечения Depthmap с целью анализа пешеходных пространств как автоматизированного метода. Оценено влияние пространственных ограничений на результаты анализа. Проведено сопоставление результатов анализа с результатами натурного обследования. Приведены рекомендованные параметры для анализа транзитных и локальных передвижений. Программа полезна для выявления потенциала прохождения на уровне конфигурации.

Ключевые слова:

программное обеспечение Space Syntax, Depthmap, пешеходные пространства

Введение

В настоящее время общественность и профессиональное сообщество регистрируют различные проявления некачественного проектирования в рамках существующей нормативно-правовой системы. Отдельно можно выделить проблемы пешеходного движения, связанные с противоречием естественных моделей поведения пешеходов и искусственно созданных систем пешеходного движения, что проявляется в росте числа ограждений, пустующих открытых пространствах, людных переулках и т. д.

Решением данных проблем может стать отказ от проектирования в угоду логике автомобильных транспортных систем или повторение конструктивных осевых структур зданий в пользу эмпирически обоснованных моделей [2]. Теория пространственного синтаксиса (Space Syntax) посвящена морфологическим исследованиям городских структур, в частности открытых пространств, которые являются основой пешеходного движения [3]. В основе лежит теория графов, используемая для синтаксического, конфигурационного и геометрического анализа. Аналитическим инструментом данной теории является программное обеспечение Depthmap, которое возможно использовать для анализа как пространств внутри зданий, так и городских открытых пространств.

В данной статье отражен конфигурационный анализ открытых пространств на двух уровнях: на уровне проектируемого микрорайона и на уровне существующего жилого двора, для которого осуществлено сопоставление результатов натурного обследования с программным анализом по показателям пространственной связности и количеству прохождений агентами.

Цель исследования – определить влияние пространственных ограничений на траектории движения разных категорий людей: местных жителей, осуществляющих прогулку, в частности детей; людей, незнакомых с территорией; жителей, осуществляющих деловые перемещения;

граждан группы М4 (инвалиды, передвигающиеся на креслах-колясках, приводимых в движение вручную).

Анализ микрорайонных пешеходных пространств

Для применения анализа пространств микрорайона был выбран участок проекта планировки микрорайона «Николаевский» г. Красноярска с высотной застройкой, содержащий несколько морфотипов зданий, на территории которого отсутствуют преграды в виде изменения рельефа. На рис. 1 изображена матрица результатов анализа, где красный цвет соответствует самым высоким показателям, а синий – низким.

Стоит отметить, что условия графического отображения в данной статье опущены, достаточно упомянуть, что около 80% ячеек имеют значения не более 2/15 или 3/15 от максимального и лишь однажды не более 8/15.

В первом столбце представлены результаты анализа, где препятствием считается только здание, чтобы проанализировать траектории движения людей в пространстве без ограничений. Данный анализ направлен на выявление «зон предпочтения». Во втором столбце анализ применен к пешеходной инфраструктуре, где дворы, локальные проезды и некоторые участки газона приняты за область пешеходного движения, а преградой являются здания, ограждения школы и предприятий, автомобильные дороги, газоны с потенциальным ограждением или в зонах общественного наблюдения, что делает их пересечение психологически некомфортным. Первая строка содержит анализ показателей пространственной связности (Connectivity).

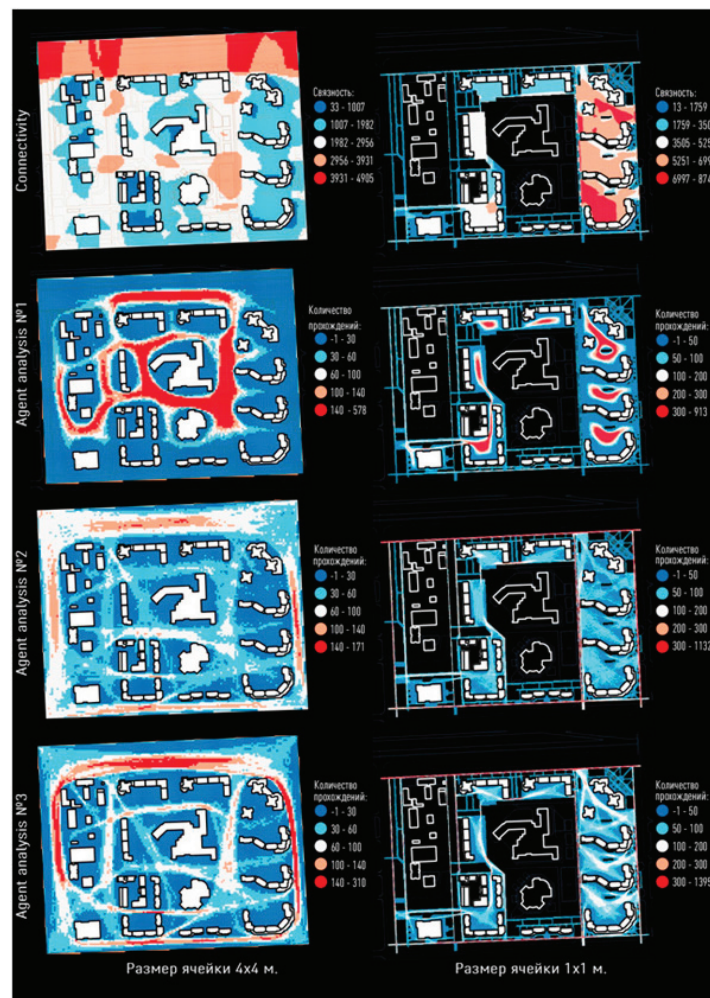


Рис. 1. Результаты моделирования пешеходов с группой настроек: 1. 170°, 4 м.; 2. 60°, 25 м.; 3. 60°, 3 м. Сост. В.И. Пахомова

Данный параметр отражает количество точек пространств, непосредственно соединенных с точкой пространства, для которого осуществляется подсчет. В последующих строках содержатся данные о числе проходов, характеризуемых количеством прохождений людей в каждой точке пространства, данный параметр можно назвать потенциалом движения.

Настройки параметров агентов моделирования различны для трех случаев. Во второй они равны 170° обзора, 4 м до следующего изменения траектории, что соответствует естественным траекториям движения людей [4]. В третьей строке параметры равны 60° обзора, 25 м до следующего изменения траектории и призваны проиллюстрировать целенаправленное движение в незнакомой среде без интереса к ней. В четвертой строке параметры составляют 60° обзора, 3 м до следующего изменения траектории и иллюстрируют обычное движение в знакомой среде. Время анализа эквивалентно 60 мин., длина пути и время жизни агентов – 10 мин. ходьбы со средней скоростью; одновременно в системе может находиться до 600 агентов.

Результаты анализа показали, что наличие пространственных ограничений влияет на траектории движения моделируемых агентов, а вместе с тем препятствует перемещению в соответствии с показателями визуальной связности пространства, которая в значительной степени способствует ориентированию. Степень этого влияния различна для разных категорий пешеходов. Для людей, осуществляющих деловое перемещение, характерны траектории, подчиненные логике автомобильных дорог, при этом расположение пешеходных магистралей в некоторой степени совпадает с естественными осями движения, на магистральных пешеходных дорожках концентрируются средние и высокие показатели. Вместе с тем для граждан (и агентов, призванных иллюстрировать их движение), знакомых с территорией, возникают дополнительные осевые участки, проходящие сквозь дворы. Кроме того, результаты показывают, что применение первой группы настроек (170°, 4 м) соответствует потенциалу локального движения пешеходов, а третья группа настроек (60°, 3 м.) – потенциалу их транзитного движения.

Анализ дворового пространства

Первоначально был выполнен анализ двора в Красноярске, ограниченного домами, (пр. Свободный 50, 50А, 52, 54), по показателю глобальной пространственной связности (*connectivity*) с ограничениями в виде зданий, автомобильной магистрали и непреодолимого забора. Кроме того, в модели участвуют аттракторы в виде автобусных остановок и прилегающие территории вдоль альтернативных путей вокруг анализируемого двора, в том числе и соседний двор. Данная выборка обусловлена тем, что этот двор подвергается вторжению пользователей автобусных остановок, которые осуществляют пересадку, но данные пешеходы имеют несколько альтернативных путей, что необходимо учитывать в анализе. Кроме того, пользователи разного рода обслуживания соседнего двора, пешеходы, осуществляющие движение внутри микрорайона, – все они пересекают анализируемый двор, не являясь его жителями. На рис. 2 представлен результат анализа с графическим отображением равных интервалов показателей пространственной связности, на гистограмме изображено количественное распределение ячеек по интервалам, а также представлены выборки с зонами максимальных показателей.

Измененные показатели для модели, где связность пространств обеспечивается системой пешеходных путей, иллюстрирует рис. 3. Некоторые автомобильные проезды, как и дворовые, приравниваются к пешеходной сети, так как подвергаются частому пересечению пешеходами. На рис. 4 показано влияние так называемых «непреодолимых» пространственных ограничений – озеленения и ограждений. В данной модели автомобильные проезды не являются препятствием к движению за исключением мест активного автомобильного движения. Для демонстрации влияния настройки видимости на поведение агентов выполнен анализ для всех карт пространственной связности с применением настроек для моделирования разных групп населения.

В данном случае применены 3 группы настроек, значения которых приближены к тем же параметрам, что и в анализе микрорайонной застройки (170°×3 м, 60°×25 м, 60°×3 м). Время моделирование – 10 мин., длина пути агентов несколько превышает расстояние между остановками, максимальное количество агентов – 170.

На рис. 5 представлена матрица результатов моделирования в модели, где ограничениями являются здания, автомагистрали и непреодолимый забор. В матрице представлены карта показателя проходов с равными диапазонами графического отображения; график зависимости количества проходов от пространственной связности для данной модели; гистограмма, отражающая количество ячеек для каждого показателя. На рис. 6 и 7 представлены аналогичные матрицы результатов для модели, где связность пространств обеспечивается системой пешеходных путей, и для модели с дополнительными пространственными ограничениями в виде озеленения и ограждений.

Результаты программного анализа для модели, отраженной на рис. 5:

1. В результате моделирования перемещения агентов с настройками, отражающими траектории передвижения местных жителей (первый вариант анализа в первой строке) можно выделить высокую плотность показателей, расположенную в центрах дворовых пространств и в местах примыкания дворов к микрорайонному проезду. При этом данный анализ имеет самый высокий критический показатель (78) относительно других видов моделирования и высокое количество ячеек с низким показателем, распределенных вблизи пространственных препятствий. Максимальные значения количества проходов соответствуют средним показателям параметра пространственной связности, а показатели с низким количеством проходов равномерно распределились по шкале пространственной связности. До средних показателей прослеживается закономерная связь значений.

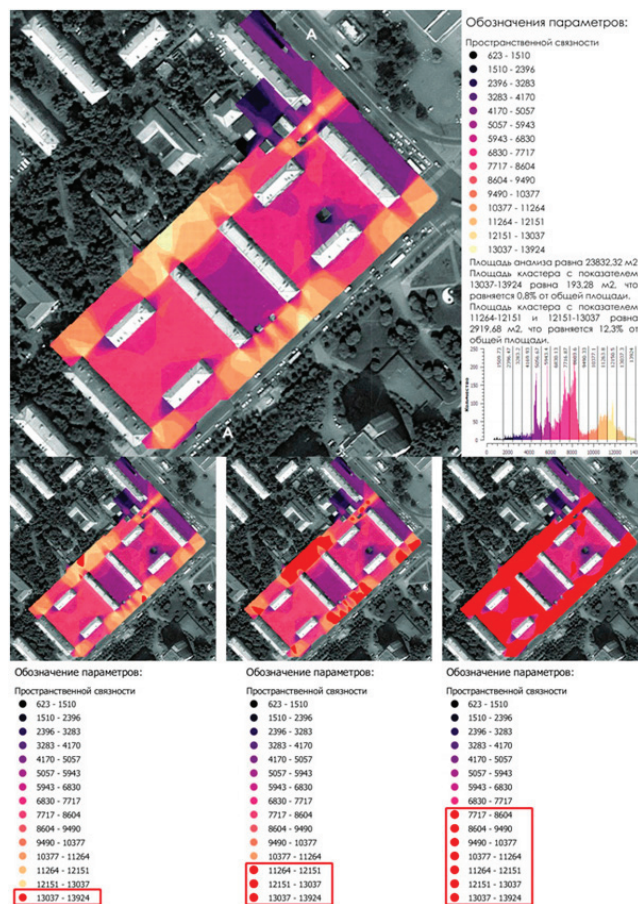


Рис. 2. Показатели глобальной пространственной связности с учетом застройки и непреодолимого забора.
 Сост. В.И. Пахомова

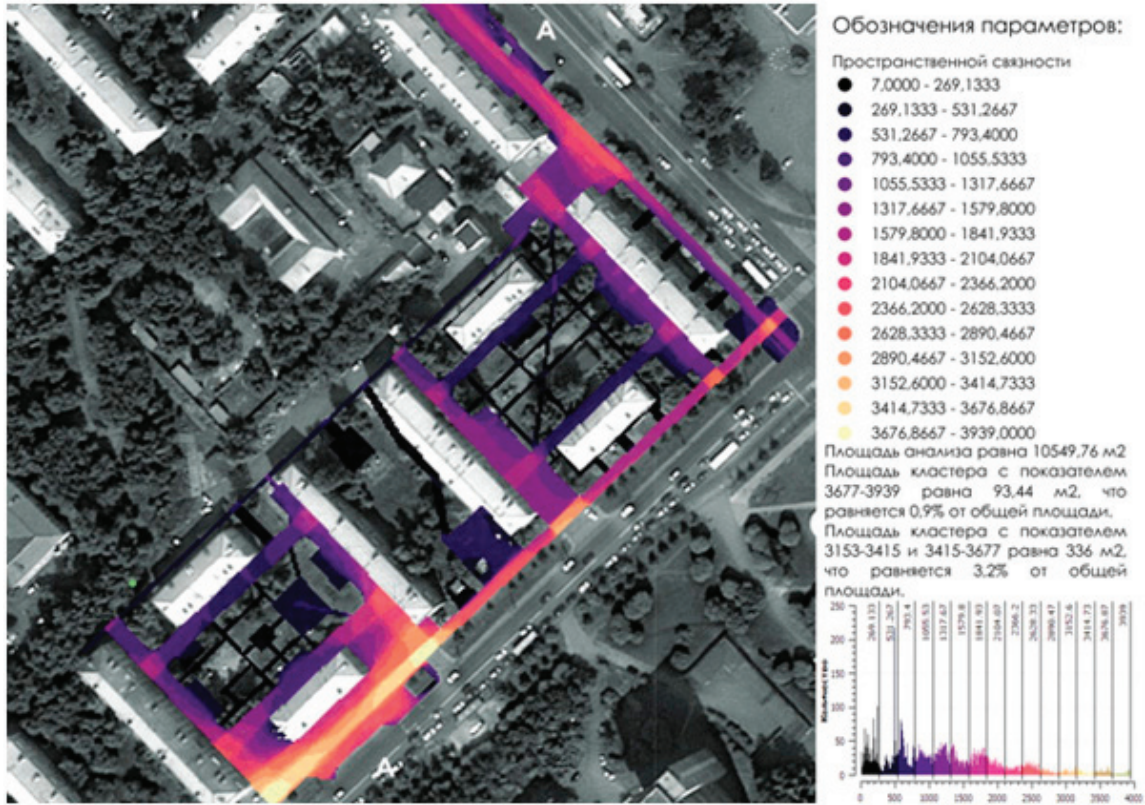


Рис. 3. Показатели пространственной связности для системы пешеходного движения. Сост. В.И. Пахомова

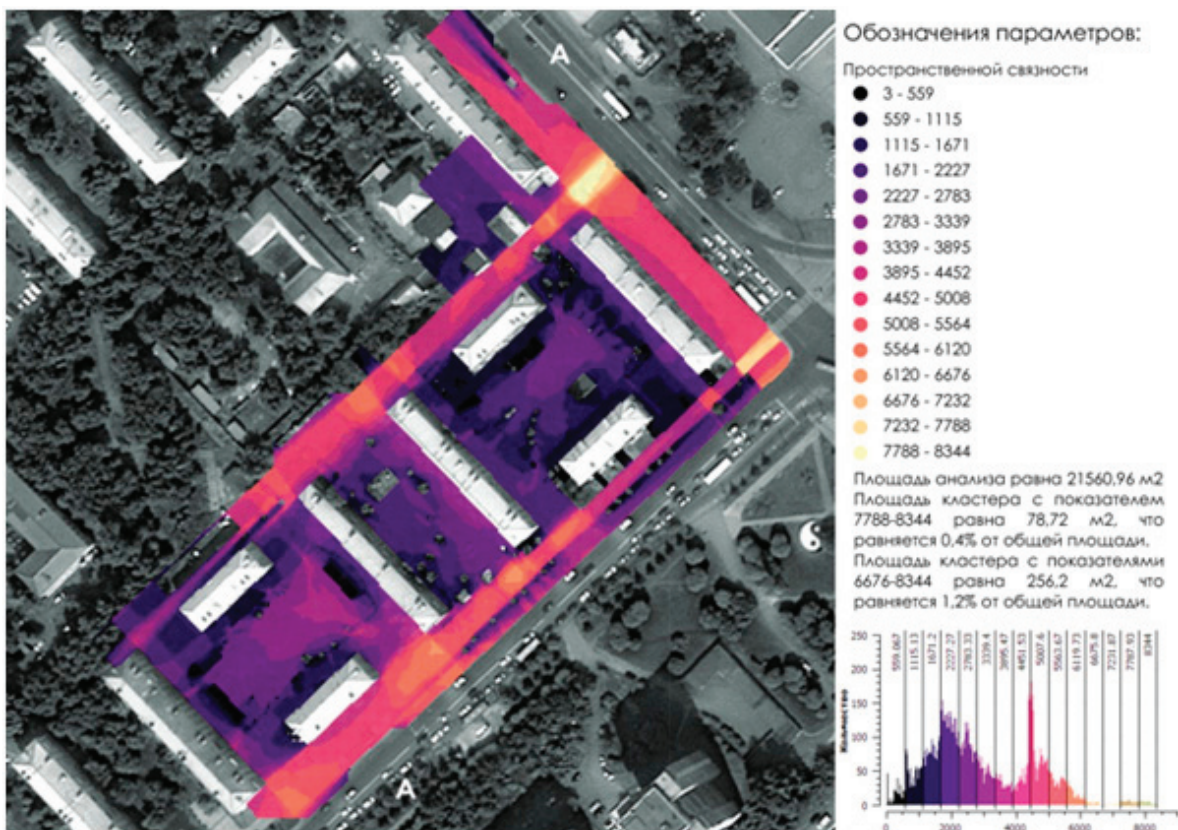


Рис. 4. Показатели пространственной связности с пространственными ограничениями в виде озеленения и ограждений. Сост. В.И. Пахомова

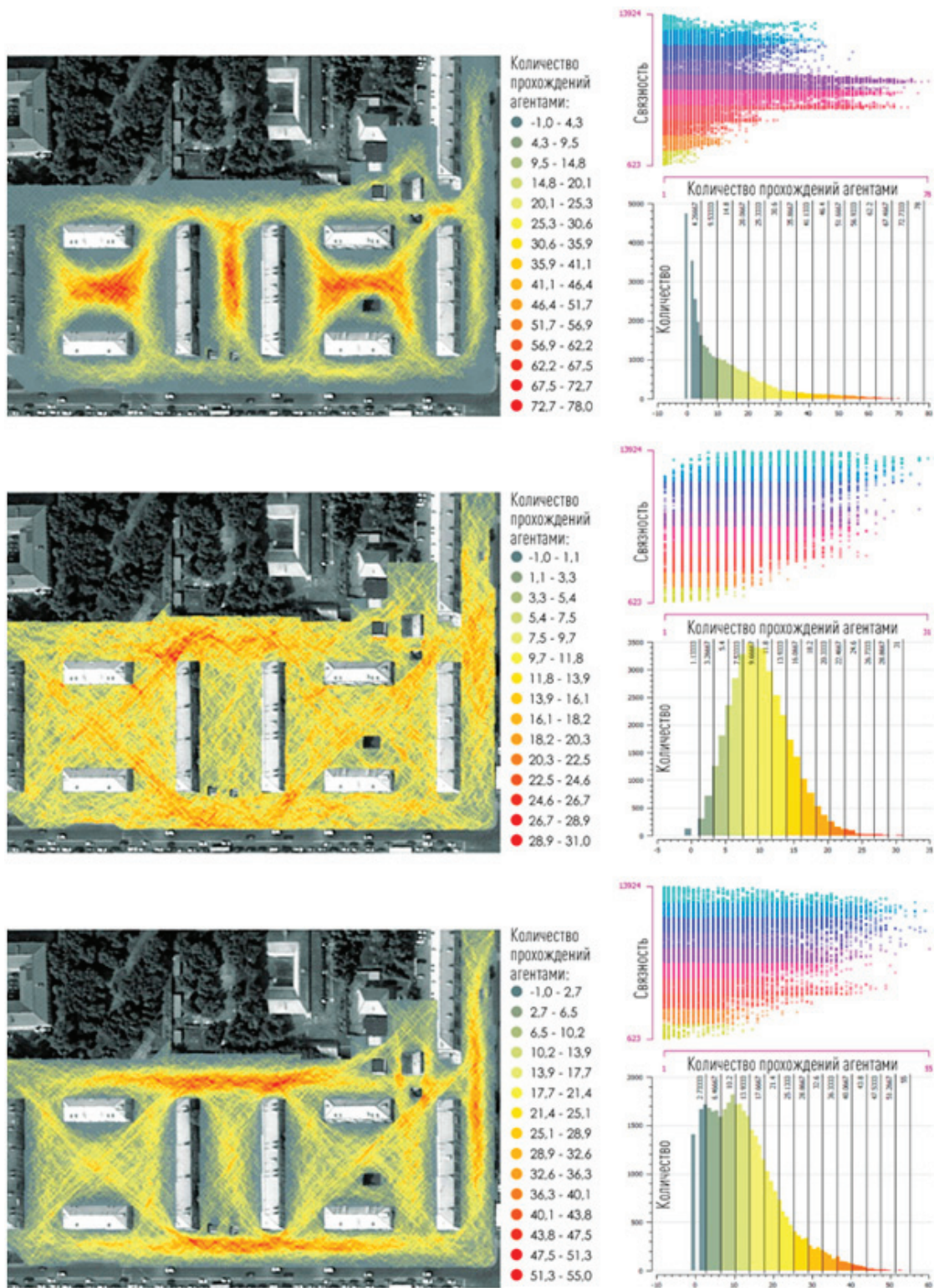


Рис. 5. Результаты моделирования для модели с учетом застройки и непреодолимого забора. Сост. В.И. Пахомова

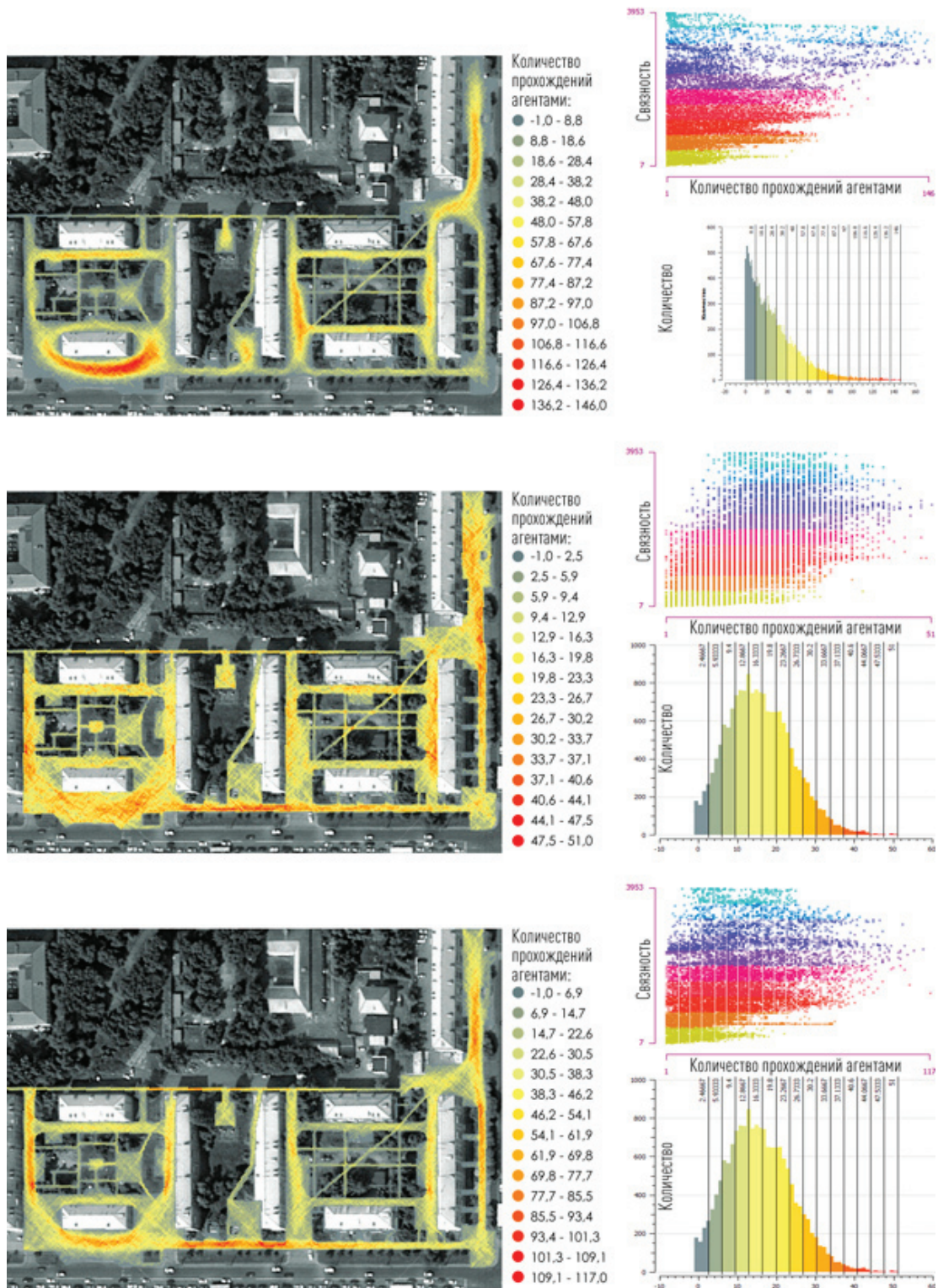


Рис. 6. Результаты моделирования для системы пешеходного движения. Сост. В.И. Пахомова

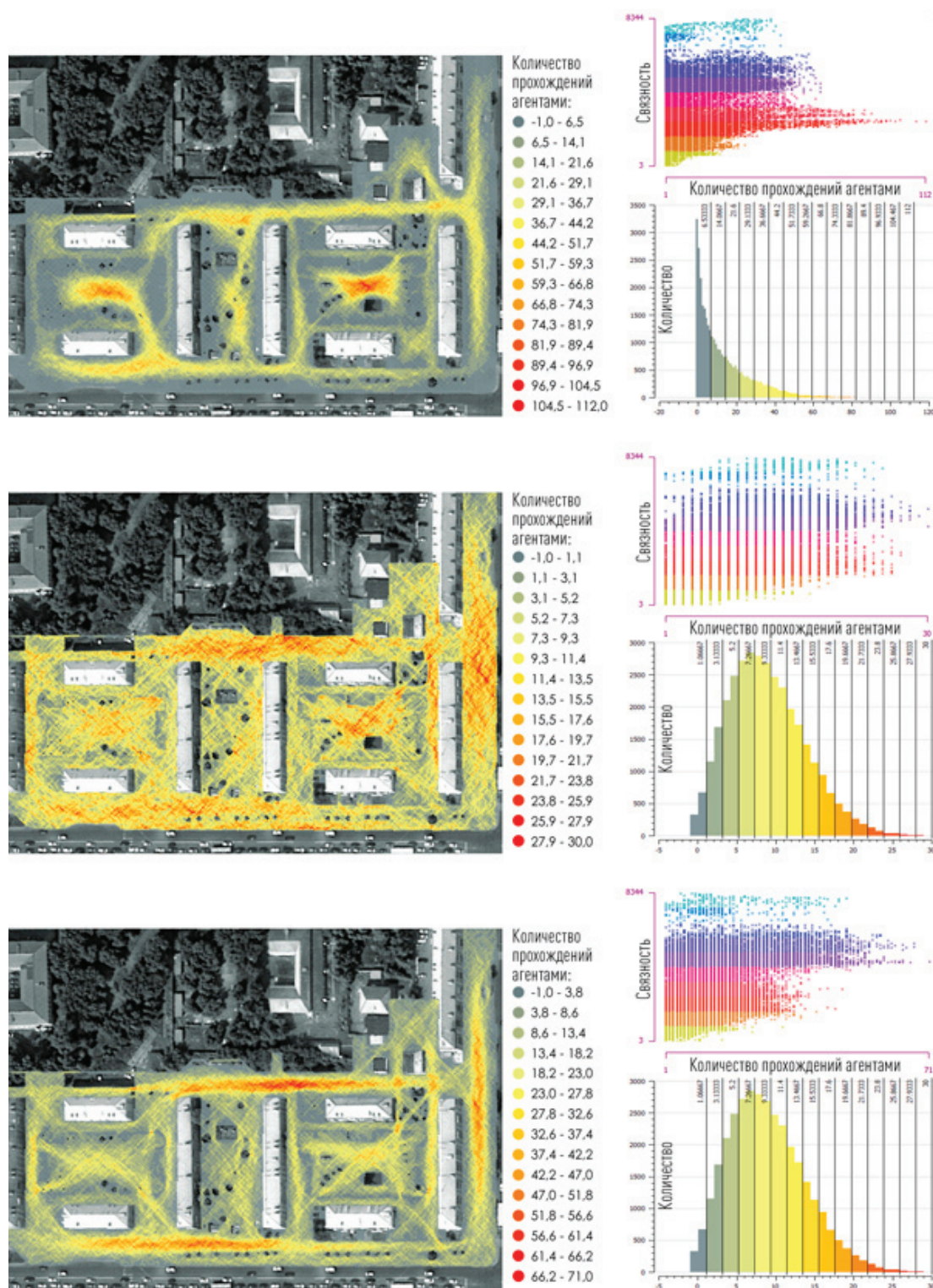


Рис. 7. Результаты моделирования с пространственными ограничениями в виде озеленения и ограждений.
Сост. В.И. Пахомова

2. Моделирование делового движения (второй вариант анализа во второй строке) продемонстрировало относительно равномерное распределение по всей территории большого количества показателей в среднем диапазоне значений, в то время как значения в высоком диапазоне (максимальное значение 31) сконцентрировались на диагональных осях дворов и осевых

участках вдоль автомагистралей и микрорайонного проезда, а показатели с низким значением почти отсутствуют. Значения потенциального прохождения увеличиваются по мере роста показателя пространственной связности.

3. Моделирование делового движения людей, знакомых с территорией (третий вариант анализа в третьей строке), приобретает более регулярную структуру осевых участков с концентрацией средних и высоких показателей относительно результата второго анализа этой конфигурации. Самые высокие значения концентрируются на линейных участках вдоль проездов и автомагистралей, а также в местах пересечения крупных осевых участков и локально в центрах дворов. Гистограмма иллюстрирует рост числа показателей с минимальным значением, при этом эти значения равномерно распределились по оси Y.

Результаты программного анализа, отраженного на рис. 6

1. Результат моделирования перемещений местных жителей показал, что максимальные показатели проходов (146 – максимальный среди анализов для данной модели) сконцентрированы в пространствах за пределами дворов, у остановочных пунктов и на пожарных проездах, вблизи автомагистралей. Они соответствуют показателям параметра пространственной связности выше среднего, а показатели с низким количеством проходов распределились по шкале пространственной связности так, что интенсивность снижается с ростом значений связности.

2. Моделирование делового движения показывает равномерное распределение по всей территории большого количества показателей в среднем диапазоне значений, в то время как значения в высоком диапазоне (максимальное значение 51) сконцентрировались на линейных участках пешеходных путей вдоль автодорог и на дворовых проездах, а также точечные участки в местах пересечения пешеходных путей; показатели с низким значением незначительно распределились в местах торцов зданий и угловых пространствах. Максимальные значения потенциального прохождения соответствуют средним и высоким показателям пространственной связности, а низкие – показателям не выше среднего.

3. Результат моделирования делового движения людей, знакомых с территорией, мало отличается от предыдущего, но уточняются диагональные участки пространств, имеющие средние и высокие показатели, в то время как вторые по-прежнему концентрируются вдоль проездов и автомагистралей. С гистограмм видно и другое отличие: максимально высокие показатели пространственной связности имеют еще больше значений в низком диапазоне потенциала движения, а низкая связность имеет еще меньше средних значений среди показателя потенциального движения.

Результат программного анализа, отраженного на рис. 7

1. Результат моделирования движения местных жителей мало отличается от результата первого анализа, изображенного на рис. 5, с тем лишь исключением, что теперь максимальные показатели (максимальное значение 112) сконцентрированы более плотно внутри контуров ограждений, а пространство между двумя дворами имеет более низкие показатели из-за плотного озеленения.

2. Моделирование делового движения показывает сравнительно равномерное распределение по всей территории большого количества показателей в среднем диапазоне значений, значения в высоком диапазоне (максимальное значение 30) имеют широкое распространение на линейных участках пешеходных путей вдоль автодорог, некоторых дворовых проездах, а также на точечных участках в местах пересечения пешеходных путей. Максимальные значения потенциального прохождения соответствуют средним или выше среднего показателям про-

странственной связности, а низкие в большей степени распределены по низким и средним значениям.

3. Результат моделирования делового движения людей, знакомых с территорией, мало отличается от третьего, изображенного на рис. 5, но появляются дополнительные линейные участки с концентрацией средних значений.

Сопоставление результатов программного анализа и натурального обследования

Для проверки корреляции результатов анализа с реальной ситуацией выполнено натурное обследование жилого двора методом ворот [1]. Время наблюдения: с 9:30 до 10:00; с 14:00 до 14:30; с 19:30 до 20:00. Результаты наблюдения представлены на рис. 8, где вес линий соответствует показателю количества прохождений пешеходами по участку траектории, траектории детей выделены в отдельную группу и обозначены синим цветом. Траектории движения приведены в более регулярную форму и не отражают сопряжений в реальных траекториях людей, но это упрощение не наносит сильного урона результату сопоставления данных реальной ситуации и машинного анализа. Кроме того, траектории движения некоторых пешеходов не уходили за пределы модели, а прерывались внутри нее, например наблюдаемые садились в автомобиль, останавливались, чтобы побеседовать со знакомыми, садились на скамейку и не продолжали движение до окончания наблюдения.

Для сопоставления с программным анализом выбраны результаты наблюдения с 14:00 до 14:30, поскольку в утренние часы большинство наблюдаемых осуществляет деловое передвижение,

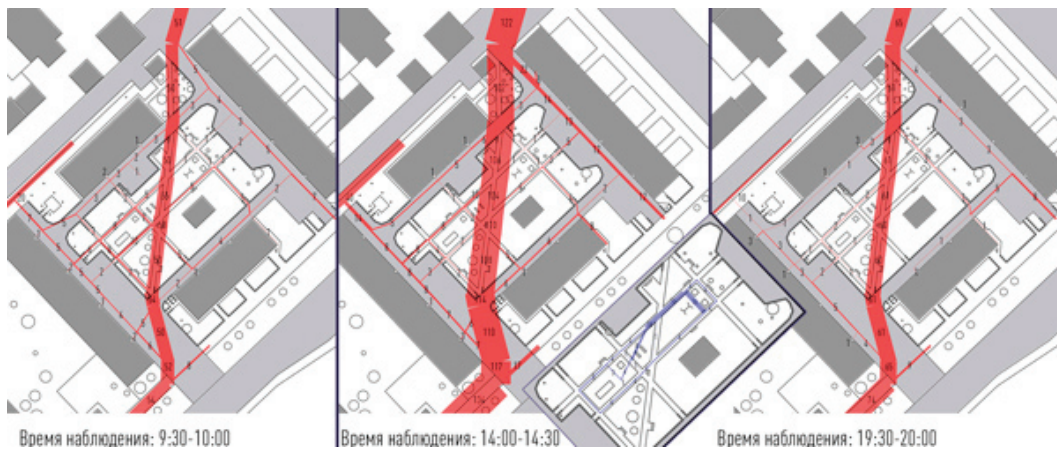


Рис. 8. Результаты наблюдения за жилым двором, смежным с улицей Высотной и Свободным проспектом в городе Красноярске. Сост. В.И. Пахомова

при этом отсутствуют гуляющие дети; на результаты вечернего наблюдения повлиял дождь; программный анализ выполнен для нормальных обычных условий. Диагональ двора с максимальными значениями назовем «зоной трафика».

Матрица результатов сопоставления данных отражена на рис. 9.

Из рис. 9 видно: почти все виды анализа недооценили зону трафика больше, чем на 100% с редким исключением для небольших зон, в то время как первый анализ переоценил ее значения от 45% до 100%, но недооценил иные пешеходные пути внутри двора более чем на 100%. Кроме того, диапазон отклонения $\leq -120\%$ имеет показатель количества ячеек, равный 3569, что составляет 48,7% от всей системы. Очевидно, данная модель переоценена в целом. Анализ под номером 7 имеет самую большую долю значений отклонения с диапазоном от -30% до 30% , равную 17,9%, что очень близко по значению к анализу под номером 8 – 17,1%.

Все системы, имеющие в зоне анализа газоны, переоценивают показатель потенциального движения больше, чем на 100%. В целях более точного анализа следует подробнее представлять данную зону, в такой ситуации пространственными ограничениями могут стать высокая трава, неукрепленный грунт, почва с выступающими инженерными системами и т.д. Также значительно переоцененной оказалась зона парковки, вероятно стоит представлять ее с пространственными ограничениями в виде автомобилей, что достаточно реально отражает ситуацию с паркованием в российских городах. Анализы под номером 2, 7, 8 и 9 имеют относительно большое количество ячеек с отклонением от -30% до 30% в зоне дворовых проездов.

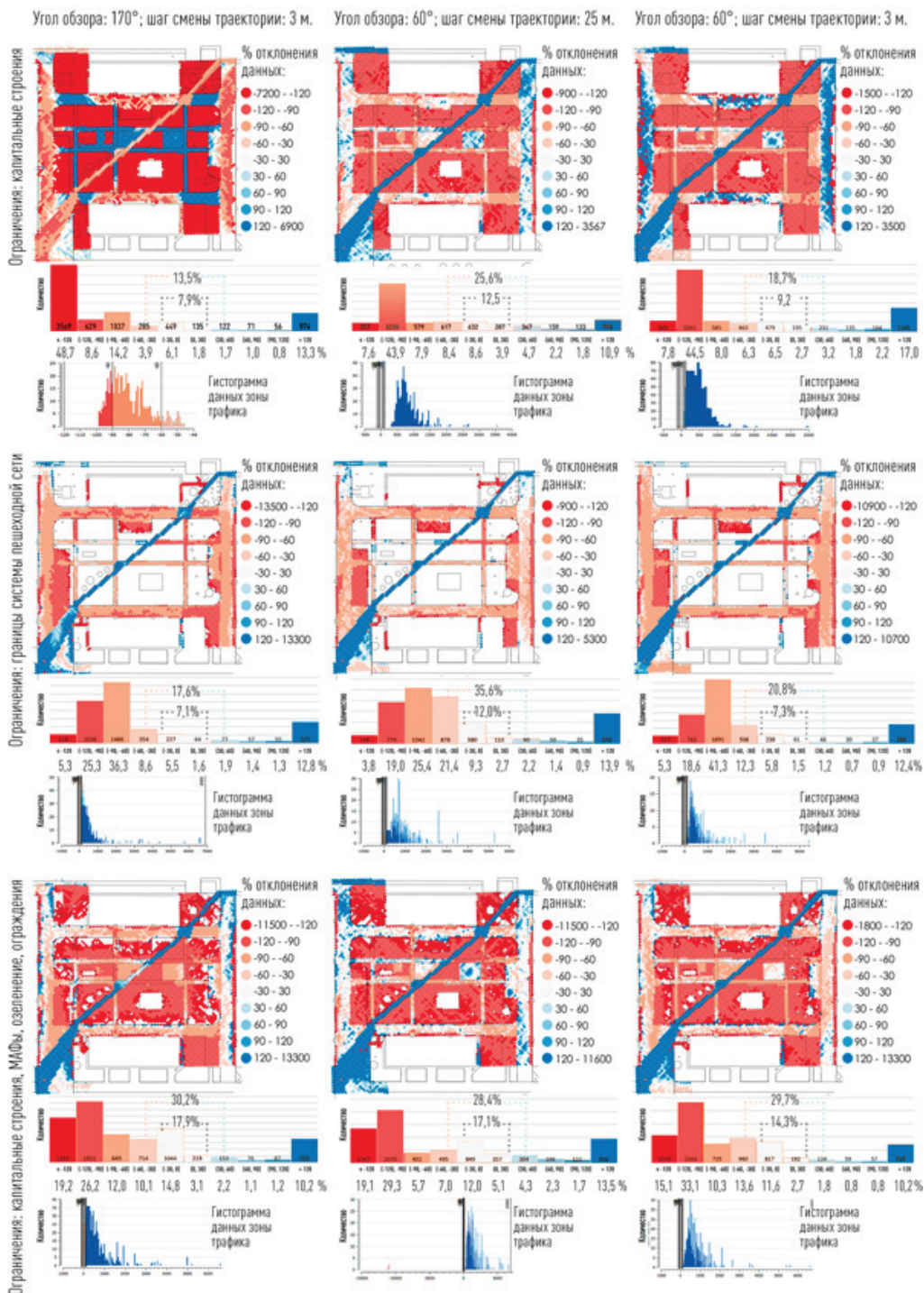


Рис. 9. Матрица результатов сопоставления машинного анализа и данных натурального обследования. Сост. В.И. Пахомова

Если рассматривать результаты анализа в границах каждой системы, то настройки параметров агентов второй группой показателей (60°; 25 м.) успешнее по группам отклонения от –60% до 60% и от –30% до 30% в первой и второй строке, а в третьей очень близки к другим, не менее успешным. Кроме того, данные диапазоны отклонения сконцентрированы в зонах транспортно-пешеходной сети.

Выводы

1. Пространственные ограничения в виде разного рода благоустройства существенно влияют на результаты анализа. В целях осуществления анализа пространств по показателю потенциального прохождения, максимально приближенного к реальному пользованию пешеходами, необходимо учитывать непреодолимые препятствия: капитальные строения, малые архитектурные формы, характер и интенсивность озеленения, уровень интенсивности пользования автопарковками, ограждения, в редких случаях – состояние и материалы покрытий.
2. Благодаря гибкости настроек можно осуществлять анализ разных типов передвижения на разных масштабах. Для того, чтобы выполнить анализ локального пользования, необходимо оптимально использовать настройки. Например, для масштаба микрорайонного уровня угол обзора 170°, шаг 4 м до следующего изменения траектории; для локального уровня угол обзора 170°, шаг 3 м, как рекомендовано разработчиками [4]. Для анализа транзитных потоков на локальном уровне следует использовать параметры: угол обзора 60°, шаг 3 м, а для смешанного использования (близкого к реальному): угол обзора 60°, шаг 25 м. На микрорайонном уровне, учитывая масштаб сетки, сложно осуществлять анализ реального использования, а для анализа транзитных потоков следует использовать параметры: угол обзора 60°, шаг 3 м до следующего изменения траектории.
3. Несомненно, конфигурация пространств во многом способна определять поведение пешеходов [2], но влиять на это поведение могут также отдельные привлекательные части конфигурации или некие аттракторы внутри нее. Это могут быть остановки, объекты сферы обслуживания, привлекательные объекты благоустройства и др. Данное влияние не поддается описанию в терминах пространственного синтаксиса.

Библиография

1. Al_Sayed K. Space syntax methodology / B. Hillier, A. Penn and A. Turner A teaching guide for the MRes/MSc Space Syntax course (version 5). – Bartlett School of Architecture, UCL, 2018. – 117 p.
2. Hillier, B. Space is the machine: A configurational theory of architecture / B. Hillier. – London : CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015. – 370 с.
3. Hillier, B. The Social Logic of Space / B. Hillier. – London : Cambridge University Press, 2008. – 296 с.
4. Turner, A., Depthmap 4 – A Researcher's Handbook / A. Turner. – London : Bartlett, School of Graduate Studies, 2004.

Дата поступления: 13.11.2019

Лицензия Creative Commons

Это произведение доступно по лицензии Creative Commons «Attribution-ShareAlike» («Атрибуция – На тех же условиях») 4.0 Всемирная.



NUMERICAL ANALYSIS OF OPEN SPACES

Pakhomova Vesna I.

Master's Degree student, Urban Planning Department.
Research supervisor: Associate Professor A.Yu. Lipovka, PhD. (Engineering)
Institute of Architecture and Design
Siberian Federal University
Russia, Krasnoyarsk, e-mail: VPKhm@ya.ru

Abstract

The article focuses on the use of Depthmap software to analyze pedestrian spaces as an automated method. The influence of spatial constraints on the analysis results is estimated. The results of the analysis are compared with those of a field survey. Parameters for analysis of transit and local traffic are recommended. The program is useful for identifying potential passage at configuration level.

Keywords

Space Syntax, Depthmap, pedestrian space analysis, field survey

References:

1. Al_Sayed, K., Hillier, B., Penn, A. and Turner, A. (2018) Space Syntax Methodology. A teaching guide for the MRes/MSc Space Syntax course (version 5). Bartlett School of Architecture, UCL.
2. Hillier, B. (2015) Space is the machine: A configurational theory of architecture. London: CreateSpace Independent Publishing Platform.
3. Hillier, B. (2008) The Social Logic of Space. London: Cambridge University Press.
4. Turner, A. (2004) Depthmap 4 - A Researcher's Handbook. London: Bartlett, School of Graduate Studies.