

УДК 711.4:001

С.М. Токарчук, Д.А. Трофимчук

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОВЕДЕНИЮ ГИС-АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

В статье рассматриваются основные подходы к оценке качества городской среды с использованием геоинформационных систем (ГИС). Предлагается методика ГИС-анализа качества городской среды центральной части г. Бреста. Указываются основные сведения о структуре и особенностях создания ГИС «Городская среда города Бреста». Приводятся примеры использования встроенных (*GeoProcessing Wizard, XTools, Legend Tool, Database Access, Geographic Transformer*) и внешних (*ArcView3D Analyst, ArcView Spatial Analyst*) модулей *ArcView GIS* для проведения анализа качества городской среды.

Введение

Одним из наиболее перспективных направлений в области геоинформационных систем (ГИС) в настоящее время является создание локальных ГИС, которые позволяют объединить многоуровневые и многоотраслевые информационные потоки с целью создания пространственно-временной модели небольшой территории для выработки и принятия управленческих решений в различных областях деятельности. Данное направление широко развивается в России и странах дальнего зарубежья [1–4], однако практически не представлено в Беларуси.

В настоящее время в Республике Беларусь наибольшее внимание уделяется разработке и созданию ГИС республиканского и регионального уровня, основанных на использовании существующего картографического и статистического материала. Локальные и ультралокальные ГИС, основой которых являются непосредственные наблюдения либо труднодоступная статистическая информация, отражающая свойства объектов исследований на микроуровне, в материалах научных работ встречаются редко [5; 6]. Таким образом, на современном этапе развития географической науки наиболее перспективным направлением в области использования геоинформационных систем является создание не только региональных, но и локальных, а также ультралокальных ГИС-проектов на основе использования данных непосредственных наблюдений.

На основании вышесказанного в настоящей работе была предпринята попытка создания ультралокальной ГИС городской среды на примере центральной части г. Бреста и разработки на ее основе методики ГИС-анализа качества городской среды. Исходным материалом для создания данной ГИС послужили план г. Бреста [7], космические снимки и данные полевых исследований.

Материал и методика исследования

ГИС-анализ представляет собой процесс поиска географических закономерностей в имеющихся данных и взаимоотношений между пространственными объектами [8]. Для правильного использования ГИС-инструментов при проведении исследований городской среды необходимо учитывать следующие положения:

1. Городская среда является сложным образованием, включающим три основных взаимосвязанных, но существенным образом отличающихся друг от друга компонента: природную среду, техносферу и население.

2. Для адекватного проведения ГИС-анализа необходимо достаточно четко сформулировать основные цели-вопросы: «Какова плотность застройки городских кварталов?», «Какие кварталы находятся на расстоянии 200, 400, 600 метров от остановок общественного транспорта?» и т.д.

3. На проведение ГИС-анализа оказывают сильное воздействие также способ использования результатов и то, кто их будет использовать.

4. Для анализа городской среды можно использовать значительное количество разнообразных данных: статистических, расчетных, субъективных, анкетных и т.д. Таким образом, большое внимание следует уделять правильному выбору как метода обработки информации, так и способа предоставления данных.

5. Результаты ГИС-анализа чаще всего представляются в виде карт и картосхем. Необходимо иметь четкое представление о том, какую информацию включать в каждую карту, как сгруппировать данные для наилучшего предоставления информации, а также решить, насколько другой иллюстративный (диаграммы, фотографии и др.) и табличный материал может помочь в восприятии представленной информации.

Основой для проведения ГИС-анализа качества городской среды является ГИС-проект. В настоящем исследовании ГИС-проект «Городская среда города Бреста» создавался для центральной части города Бреста, ограниченной улицами Ленина и Мицкевича, бульваром Космонавтов и проспектом Машерова, с использованием пакета настольной ГИС – *ArcView GIS*.

ГИС «Городская среда города Бреста» характеризуется сложной (многоярусной и многоуровневой) структурой. В ГИС «Городская среда города Бреста» можно выделить внутреннюю и внешнюю структуры [5].

Внешняя структура ГИС включает статистическую (реляционную), которая содержит табличный материал, и картографическую, в которой хранятся карты, картограммы и др., базы данных. Статистическая база данных представляет собой легенды к векторным темам географической базы данных либо таблицы статистической информации, включающей расчетные первичные и интегральные показатели.

Картографический блок включает тематические карты (дома, улицы, остановки общественного транспорта и др.) и оценочный блок, содержащий синтетические и оценочные карты центральной части города Бреста (озелененность кварталов, плотность потоков общественного транспорта и др.).

Внутренняя структура представляет собой схему хранения документов; в ней выделяется шесть основных блоков:

1) «Data» (включает тематические, статистические и расчетные базы данных в виде *Excel*, *Access*, а также блок-схемы оценочных элементов, фотографии и др.);

2) «Layers» (хранит основные шейп-файлы);

3) «Legends» (содержит легенды в формате **.avl* к тематическим, оценочным и другим картам);

4) «Raster» (включает растровые карты, космические снимки);

5) «Information» (хранит текстовые файлы (источники данных, методики расчета оценочных показателей, краткий анализ оценочных карт и др.);

6) «Vector» (хранит итоговые карты в формате **.wmf*).

ГИС-анализ качества городской среды опирается на использование внутренних и внешних модулей *ArcView GIS* [9]. В настоящей работе приводится описание использования модулей *ArcView GIS* при проведении ГИС-анализа качества городской среды на примере центральной части города Бреста.

Результаты и их обсуждение

Структура пакета *ArcView GIS* состоит из базовой оболочки и набора внутренних и внешних модулей. Модули могут добавляться по мере необходимости, расширяя функциональность основного ядра.

При проведении ГИС-анализа качества городской среды используются следующие внутренние модули: *GeoProcessing Wizard (Мастер пространственных операций)*, *Xtools*, *Legend Tool (Конструктор легенды)*, *Database Access*, *Geographic Transformer*.

GeoProcessing Wizard (Мастер пространственных операций) используется для создания буферных зон, а также операций разбиения, пересечения, вырезания и объединения объектов разных тем.

Например, при анализе качества городской среды важное значение имеет близость к основным объектам инфраструктуры (школам, детским садам, магазинам). В данном случае возможно построение буферной зоны с различными интервалами для проведения ГИС-анализа доступности. На рисунке 1 представлена доступность к общеобразовательным школам, на рисунке 2 – к продовольственным магазинам.

Необходимо отметить, что методика построения данных карт несколько отличается друг от друга. Во-первых, для школ радиус построения зоны доступности был выбран равным 250 м, для продуктовых магазинов – 100 м. Во-вторых, для анализа доступности к школам использовалась базовая шейп-тема, на которой были нанесены все школы в Центральном районе Бреста, а не только в пределах объекта исследования. Для анализа доступности к магазинам – базовая шейп-тема, содержащая продуктовые магазины в пределах объекта исследования и одного квартала вокруг него. Следует подчеркнуть, что выбор данных характеристик определяется особенностями центральной части города Бреста, для которой отмечается значительное количество объектов социальной инфраструктуры.



Рисунок 1 – ГИС-анализ доступности к общеобразовательным школам

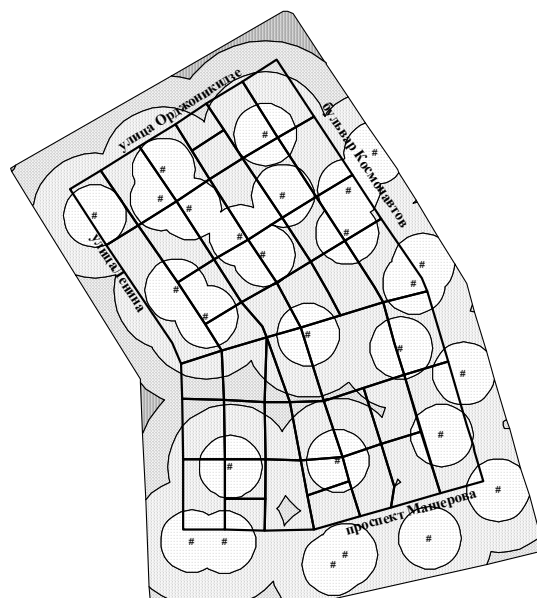


Рисунок 2 – ГИС-анализ доступности к продовольственным магазинам

Модуль *GeoProcessing Wizard* используется также для создания карт зонирования городской среды. В данном случае первоначально создается полигональная шейп-тема, в которой основные классы зонирования выделяются в пределах кварталов (рисунок 3), а затем, используя операцию «Слить объекты по общему атрибуту», создается итоговая карта зонирования центральной части г. Бреста (рисунок 4).

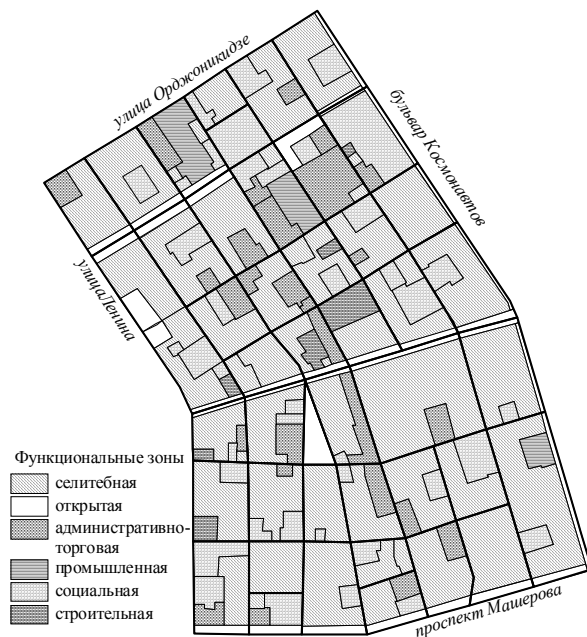


Рисунок 3 – Функциональное зонирование центральной части г. Бреста в пределах кварталов

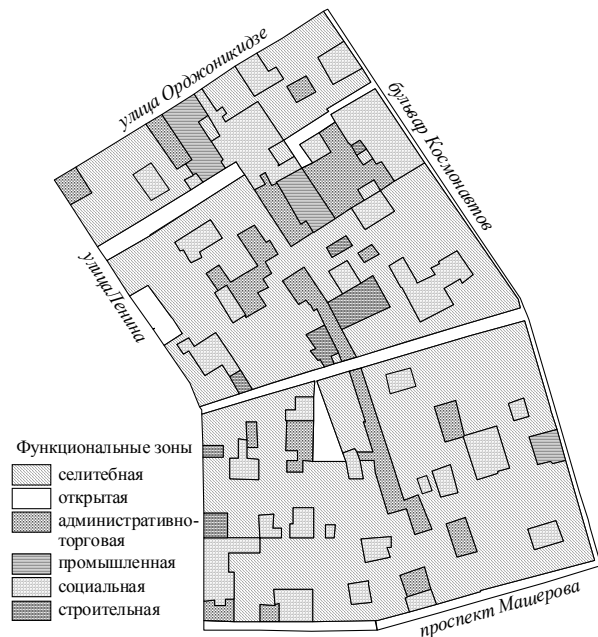


Рисунок 4 – Функциональное зонирование центральной части г. Бреста

В некоторых исследованиях модуль *GeoProcessing Wizard* используется параллельно с модулем *Xtools*. Модуль *Xtools* разработан как набор полезных инструментов для пространственного анализа, конвертации объектов и работы с атрибутивными таблицами для ArcView GIS 3.x.

Например, для расчета плотности застройки городских кварталов первоначально проводится объединение полигональной темы «Кварталы» с полигональной темой «Дома». Результирующая тема в данном случае содержит атрибуты как входной темы («Дома»), так и темы наложения («Кварталы»). В дальнейшем, используя операцию «*Update Area, Perimeter, Hectares, and Length*», проводится расчет площадных показателей застроенной территории в пределах кварталов, которые на следующем этапе при помощи другой составляющей модуля – «*Export Table to Excel Spreadsheet*» – экспортировались в таблицы *Excel* (рисунок 5).

Модуль *Database Access* предоставляет собой единый интерфейс для обращения к данным *SDE* (*Spatial Database Engine*) либо к базам данных, поддерживаемых *ODBC*. С помощью данного модуля посылаются *SQL-запросы* любым поддерживаемым базам данных без дополнительного копирования результатов запросов. Данные могут быть также запрошены из объединенных таблиц или одновременно из таблиц и различных баз данных. Поскольку при проведении ГИС-анализа городской среды основой исследования являются качественные и количественные характеристики ее основных элементов, то основной алгоритм работы можно представить в следующем виде:

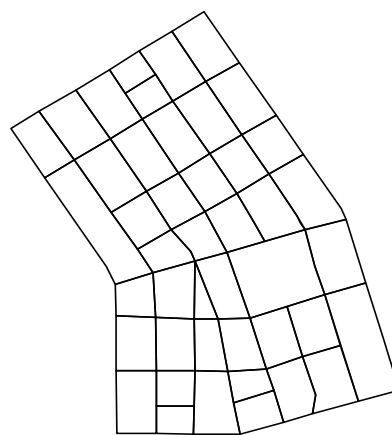
1) оцифровка и привязка к географическим координатам с помощью модуля *Geographic Transformer* базовых картографических слоев, характеризующих отдельные элементы городской среды (застройку, улицы, кварталы и др.);

2) разработка и создание базы данных *Access*, содержащей количественные (этажность зданий) и качественные (период постройки зданий) характеристики элементов городской среды (рисунок 6);

ВХОДНАЯ ТЕМА (Дома)



ТЕМА НАЛОЖЕНИЯ (Кварталы)



ArcView GIS 3.2a

Файл Редактировать Таблицы Данные XTools Окно Справка

0 667 выбрано

Адрес:660 ата е 66600000 шпр

Shape	ИД	улица	анкер	Авта	Настав	Разметка	ИД	анкер	Авта	Настав	Разметка
Polygon	1	Пушкинская	1	406 651	0.041	118 667	8	8	15991 358	1 599	629 604
Polygon	2	Пушкинская	4	304 496	0.030	87 527	8	8	15991 358	1 599	629 604
Polygon	3	Пушкинская	5	194 524	0.019	66 049	15	15	6140 993	0 614	314 430
Polygon	4	Пушкинская	6	186 185	0.019	66 268	9	9	8891 520	0 889	387 083
Polygon	5	Пушкинская	10	138 727	0.014	48 953	9	9	8891 520	0 889	387 083
Polygon	6	Пушкинская	7	315 596	0.032	82 727	15	15	6140 993	0 614	314 430
Polygon	7	Конюховская	25	988 425	0.036	37 195	15	15	6140 993	0 614	314 430
Polygon	8	Конюховская	11	121 668	0.012	50 476	16	16	5787 682	0 579	306 517
Polygon	9	Пушкинская	19	270 659	0.027	68 593	16	16	5787 682	0 579	306 517
Polygon	9	Пушкинская	19	270 659	0.027	68 593	16	16	5787 682	0 579	306 517
Polygon	11	Пушкинская	18	186 536	0.019	66 488	10	10	8143 924	0 814	375 773
Polygon	12	Пушкинская	16/7	575 895	0.058	143 541	10	10	8143 924	0 814	375 773
Polygon	13	Пушкинская	20	194 388	0.019	60 456	11	11	8078 853	0 808	375 586
Polygon	14	Пушкинская	23	150 544	0.015	58 600	17	17	5919 606	0 592	310 270
Polygon	16	Пушкинская	31	150 115	0.015	55 412	17	17	5919 606	0 592	310 270
Polygon	17	Пушкинская	33	221 288	0.022	61 246	18	18	6041 891	0 604	313 694
Polygon	18	Пушкинская	38	126 194	0.013	47 267	12	12	8197 075	0 820	377 060
Polygon	19	Пушкинская	35	126 313	0.014	47 149	18	18	6041 891	0 604	313 694
Polygon	20	Пушкинская	40	94 654	0.009	40 581	13	13	8578 963	0 858	382 935
Polygon	21	Пушкинская	42	33 989	0.003	23 371	13	13	8578 963	0 858	382 935
Polygon	22	Пушкинская	43	217 293	0.022	65 563	19	19	6408 933	0 641	322 156
Polygon	24	Бульвар Космонав	33/1	96 181	0.010	45 671	19	19	6408 933	0 641	322 156
Polygon	24	Бульвар Космонав	33/1	96 181	0.010	45 671	19	19	6408 933	0 641	322 156



АТРИБУТИВНАЯ ТАБЛИЦА (Пересеченные темы)

РЕЗУЛЬТИРУЮЩАЯ ТЕМА (Пересеченные темы)

№ кварта-ла	Общая площадь, м ²	Площадь застройки, м ²	Плотность
1	13 214,3651	4 201,8329	31,80
2	16 334,0891	5 232,3834	32,03
3	14 855,2564	4 699,5284	31,64
4	6 450,5969	2 062,9782	31,98
5	7 226,9255	2 534,3302	35,07
6	14 788,8058	3 991,558	26,99
7	15 046,7384	3 440,995	22,87
8	30 383,5802	8 442,8856	27,79
9	16 893,888	4 755,3827	28,15
10	15 473,4556	4 884,7404	31,57
11	15 349,8207	5 877,3365	38,29
12	15 574,4425	5 039,2541	32,36
13	16 300,0297	3 746,7107	22,99

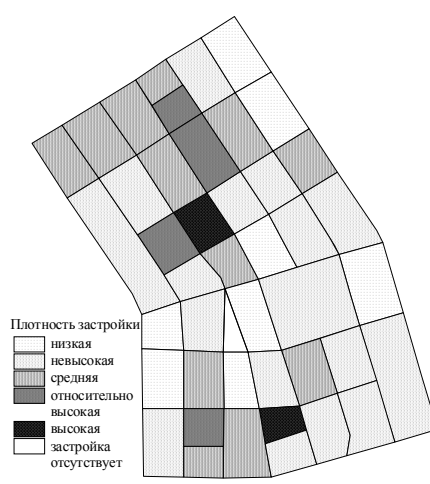


ТАБЛИЦА EXCEL (Рассчитанные показатели)

ОЦЕНОЧНАЯ КАРТОСХЕМА (Плотность квартальной застройки)

Рисунок 5 – Алгоритм использования модулей GeoProcessing Wizard и Xtools для расчета плотности квартальной застройки

3) создание тематических карт на основе базовых с использованием стандартных SQL-запросов базам данных Access (рисунок 7).

ID	Улица	№ дома	Этажность	Назначение	Тип	Период постройки
440	Советская	2	1	социально-бытовое	кирпичный	Хрущевский
467	Площадь Свободы	2	1	жилое	кирпичный	Довоенный
510	Свердлова	2	1	хозяйственное	кирпичный	Довоенный
583	Комсомольская	2	2	торгово-рекреационное	кирпичный	Хрущевский
576	Ленина	2/1	1	хозяйственное	кирпичный	Позднесоветский
13	Пушкинская	20	3	торгово-рекреационное	кирпичный	Хрущевский
287	Ленина	20	4	жилое	кирпичный	Хрущевский
319	Карла Маркса	20	1	жилое	кирпичный	Довоенный
409	Буденного	20	2	жилое	кирпичный	Сталинский
423	Маяковского	20	9	жилое	кирпичный	Позднесоветский
545	17-го Сентября	20	2	социально-бытовое	кирпичный	Довоенный
410	Буденного	20/1	1	социально-бытовое	кирпичный	Современный
103	Маяковского	21	8	жилое, смешанное	кирпичный	Современный
230	Бульвар Космонавтов	21	7	учебно-образовательное	кирпичный	Хрущевский
271	Мицкевича	21	3	жилое	кирпичный	Хрущевский
322	Карла Маркса	21	2	офисное	кирпичный	Хрущевский
393	Дзержинского	21	2	жилое	кирпичный	Довоенный
431	Советская	21	1	жилое	деревянный	Хрущевский
435	Комсомольская	21	2	жилое	кирпичный	Довоенный
529	17-го Сентября	21	2	жилое	кирпичный	Довоенный
563	Советских Погран	21	2	жилое	кирпичный	Довоенный
588	Орджоникидзе	21	2	жилое	кирпичный	Довоенный
637	Гоголя	21	2	жилое	кирпичный	Довоенный

Рисунок 6 – База данных Access к теме «Дома»

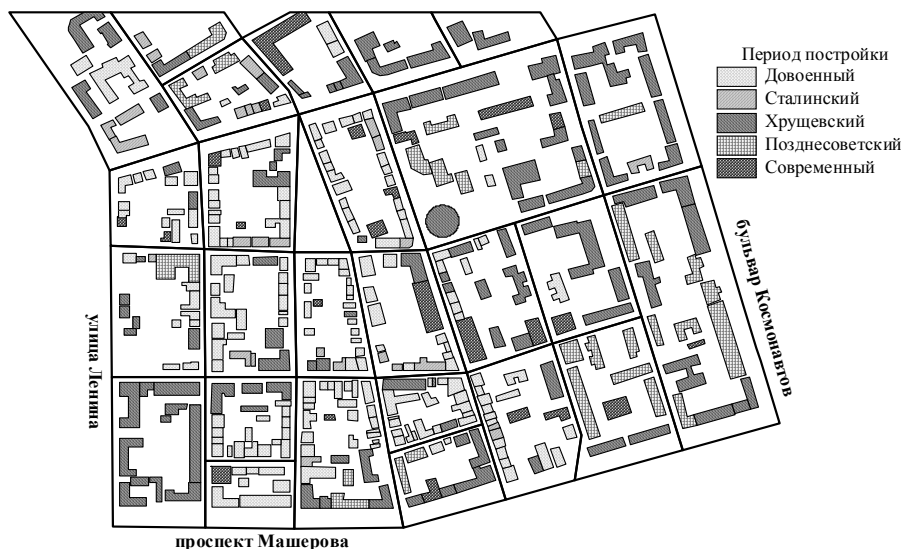
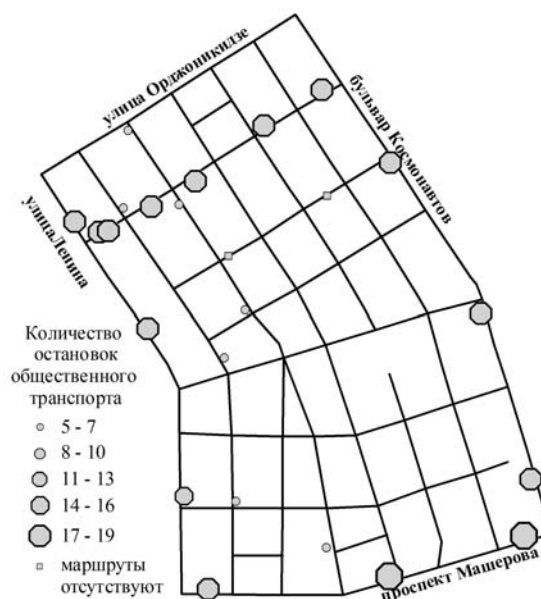


Рисунок 7 – Тема «Дома» (легенда «Уникальное значение» по полю «Период застройки»), созданная с помощью данных Access

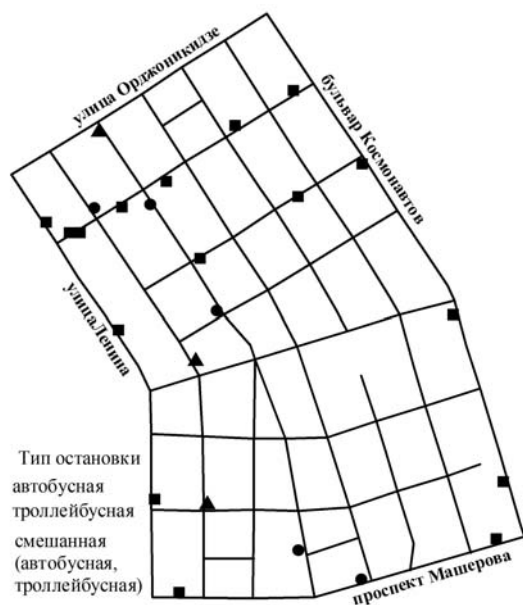
Проведение ГИС-анализа городской среды предполагает использование разных типов легенды для одного и того же векторного слоя. В данном случае используется встроенный модуль *Legend Tool* (*Конструктор легенды*). Например, для точечного слоя «Остановки общественного транспорта» можно использовать все типы легенды: отдельный символ (рисунок 8), масштабируемый символ (количество маршрутов общественного транспорта) (рисунок 9), уникальное значение (вид остановки) (рисунок 10), локализованная диаграмма (количество маршрутов основных видов общественного транспорта) (рисунок 11).



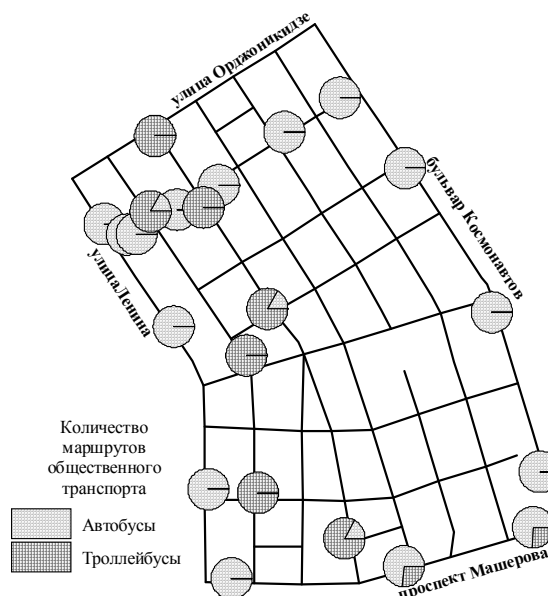
**Рисунок 8 – Тип легенды
«Отдельный символ»**



**Рисунок 9 – Тип легенды
«Масштабируемый символ»**



**Рисунок 10 – Тип легенды
«Уникальное значение»**



**Рисунок 11 – Тип легенды
«Локализованная диаграмма»**

Из внешних модулей *ArcView GIS* при проведении ГИС-анализа качества городской среды чаще всего используются модули *ArcView3D Analyst* и *ArcView Spatial Analyst*.

Модуль *ArcView 3D Analyst* включает средства для создания, анализа и отображения трехмерных данных. Изображение 3D-поверхности можно вращать, а также просматривать поверхность «в полете» над ней. Как и к обычным темам, к 3D-поверхностям можно осуществлять запросы и привязывать базы данных. *3D Analyst* предоставляет широкий набор функциональных возможностей: построение TIN и грид-поверхностей, построение трехмерных объектов, расчет зон видимости, вычисление площадей и объемов форм и др. [9].

При изучении городской среды модуль *ArcView 3D Analyst* чаще всего используется для анализа этажности застройки городской территории (рисунок 12). Возможность привязки базы данных к 3D-поверхностям позволяет также создавать тематические 3D-карты.

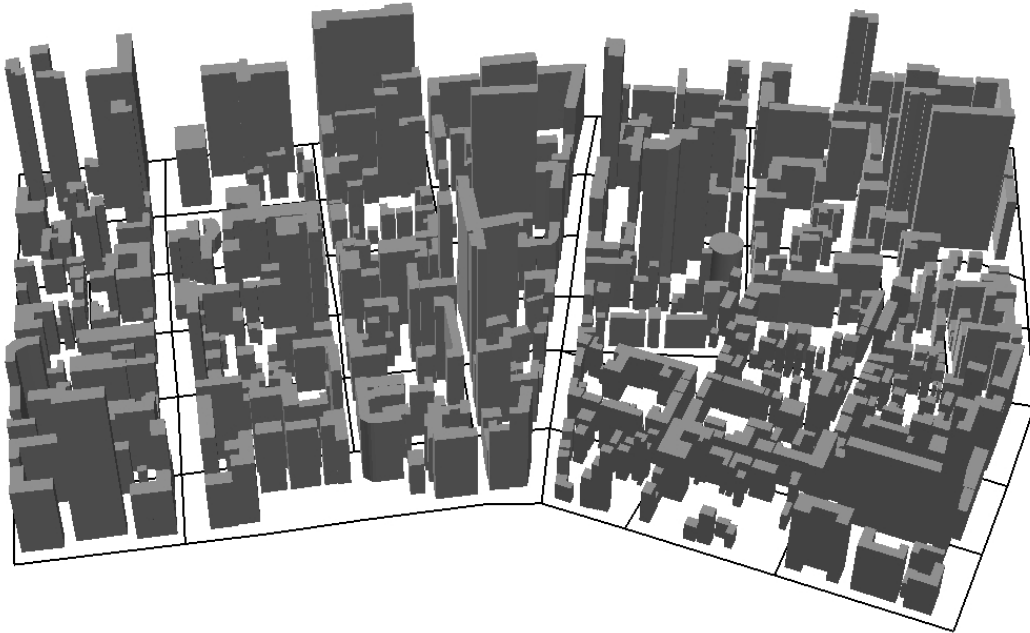


Рисунок 12 – 3D-модель этажности строений центральной части г. Бреста

Некоторые сущности, которые постоянно изменяются в пространстве (например, рельеф) не могут быть точно представлены в виде дискретных точек, линий или областей. Данные явления наилучшим образом представляются в ГИС непрерывными поверхностями. При проведении ГИС-анализа городской среды могут использоваться как физические непрерывные поверхности (например, изображение рельефа, т.е. такого физического явления, которое охватывает всю область, наносимую на карту, и в котором нет разрывов [8]), так и нестандартные непрерывные поверхности. В данном случае происходит обработка некоторых данных, не являющихся непрерывными, как непрерывных для данного места, чтобы создать карту, на которой показано, как количественные данные изменяются в пределах этой площади. Например, при ГИС-анализе городской среды можно создать карту транспортной доступности, интерполируя значения для остановок общественного транспорта по какому-либо атрибуту (количеству маршрутов, рейсов и т.д.) (рисунок 13). Однако необходимо четко осознавать, что поскольку в пределах местности данные непрерывно изменяются, то границы на карте в действительности обозначают те места, в которых объекты скорее схожи, чем отличаются. Другими словами, эти границы не играют той конкретной роли, как в случае с дискретными объектами.

Для создания непрерывных поверхностей используется модуль *ArcView Spatial Analyst*. Возможности модуля включают преобразование векторных данных в грид, создание буферных зон и поверхностей близости, построение карт плотности и изолиний, построение карт уклонов и экспозиций, картографический анализ по ячейкам грида, логические запросы по нескольким грид-темам, анализ соседства, классификация и отображение гридов и т.д. Модуль поддерживает расширенные возможности программирования на языке *Avenue* для разработки приложений для пространственного анализа [9].

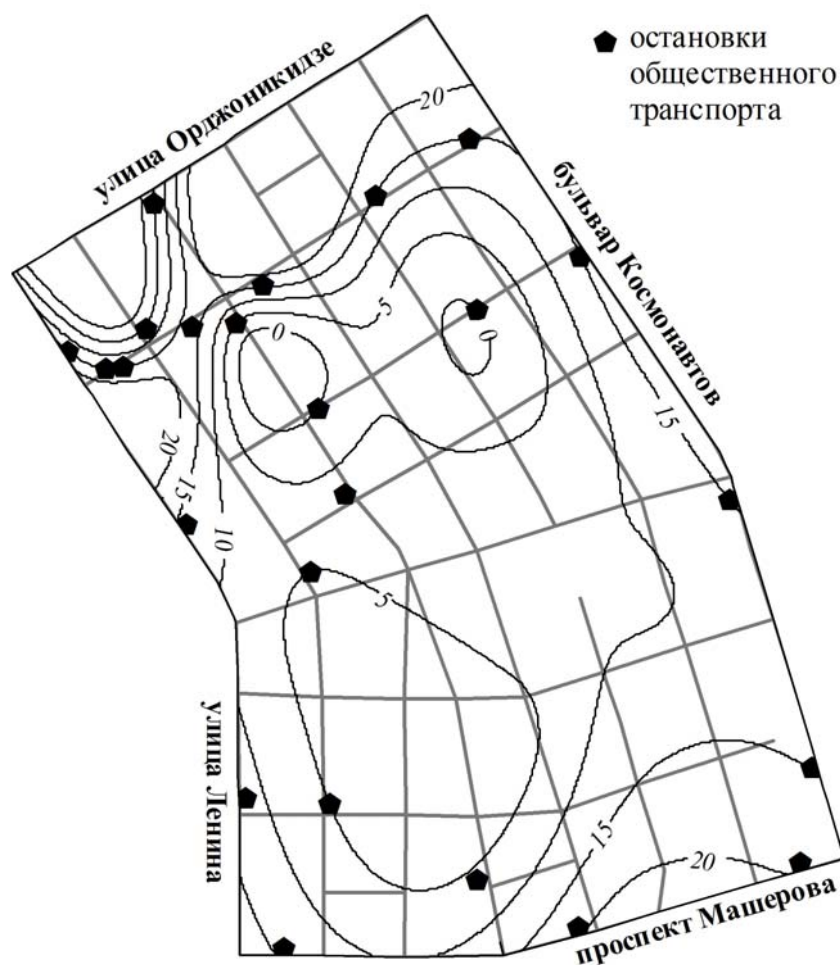


Рисунок 13 – Доступность к остановкам общественного транспорта (по количеству маршрутов)

Заклучение

1. При проведении исследований городской среды важное значение имеет использование ГИС-технологий, т.к. они позволяют упрощать процесс исследования, визуализировать полученные данные, дают возможность быстрого оперативного обновления информации и т.д.

2. Для уровня ультралокальных исследований городской среды наибольшее значение имеет информация, которая может быть представлена в виде таблиц, т.к. это значительно упрощает процесс ее обработки и использования в программной оболочке *ArcView GIS*.

3. При ГИС-анализе городской среды использовались как внутренние (*GeoProcessing Wizard – Мастер пространственных операций, Xtools, Legend Tool – Конструктор легенды, Database Access, Geographic Transformer*), так и внешние (*ArcView 3D Analyst, ArcView Spatial Analyst*) модули *ArcView GIS*, которые позволяют существенно расширить возможности самой программы.

4. Основные результаты ГИС-анализа представляются в картографическом виде. При исследовании городской среды применяются все типы географических данных, присутствующих в ГИС: дискретные объекты (точечные, линейные, полигональные), непрерывные поверхности, 3D-виды. Проведение ГИС-анализа городской среды предполагает также использование разных типов легенды для одного и того же векторного слоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аврутин, В.Д. О трехмерной модели городского пространства Санкт-Петербурга / В.Д. Аврутин, В.Ю. Руденко, А.Ю. Ломтев // ARCREVIEW. – № 4 (51). – 2009. – С. 4–7.
2. Наумов, С. Московский университет: моделирование / С. Наумов, Д. Савицкий // ARCREVIEW. – № 2 (33). – 2005. – С. 20–21.
3. Общегородская ГИС: опыт Гонолулу // ARCREVIEW. – № 3 (46). – 2008. – С. 23.
4. Серединин, Е.С. Муниципальные ГИС Украины / Е.С. Серединин, В.Е. Козлитин // ARCREVIEW. – № 4 (51). – 2009. – С. 7–9.
5. Трофимчук, Д.А. Особенности разработки и создания базовой основы ГИС городской среды г. Бреста / Д.А. Трофимчук // Устойчивое развитие: экологические проблемы : сб. материалов студенческой науч.-практ. конф., Брест, 25 ноября 2010 г. / Брест. гос. ун-т имени А.С. Пушкина; редкол.: И.В. Абрамова [и др.]. – Брест : БрГУ, 2011. – С. 74–76.
6. Martsinkevich, G.I. Complex environmental GIS for municipal management and multidisciplinary urban studies: working guidelines for Belarusian municipalities / G.I. Martsinkevich, A.D. Shkaruba, M.A. Falaleeva // Environmental Contamination in Central and Eastern Europe and the Commonwealth of Independent States : Materials of the Sixth International Symposium & Exhibition, Prague, 1–4 September 2003. – Prague, 2003. – P. 110.
7. Брест : план города / унитар. предприятие «Белкартография»; ред. В.А. Змачинская. – 1 : 17 500. – Минск : РУП «Белорусский Дом печати», 2009.
8. Митчел, Э. Руководство ESRI по ГИС-анализу/ Э. Митчел. – М. : ДАТА+, 2000. – 190 с.
9. Токарчук, С.М. ГИС-технологии / С.М. Токарчук. – Брест : Альтернатива, 2010. – 40 с.

Tokarchuk S.M., Trofimchuk D.A. The Basic Approaches to Carrying Out GIS-Analysis of Quality of the Urban Environment

The article describes the basic approaches to an assessment of quality of the urban environment about the use of geoinformation systems. The paper views the methodology of the GIS-analysis of quality of the urban environment of the central part of Brest. The basic data of the structure and features of creation GIS «Urban environment of Brest» are specified. The article describes the examples of use of internal (*GeoProcessing Wizard, Xtools, Legend Tool, Database Access, Geographic Transformer*) and exterior (*ArcView3D Analyst, ArcView Spatial Analyst*) modules *ArcView GIS* for carrying out of the analysis of quality of the urban environment.

Рукапіс паступіў у рэдкалегію 20.12.2011