

М. В. Пасхина

Моделирование комплексной устойчивости зданий и сооружений в городской среде средствами ГИС

В статье отражены вопросы возможности моделирования средствами геоинформационных систем, а также рассмотрен пример создания модели устойчивости зданий и сооружений в городской среде, приведены примеры аналитико-синтетической работы с моделями.

Ключевые слова: геоинформационные системы, картографическое моделирование, комплексность, система, анализ.

M. V. Paskhina

Modeling of Complex Stability of Buildings and Constructions in the City Environment by Means of GIS

In the article questions of modeling possibility are reflected by means of geoinformation systems, and also the example of creating the model of stability of buildings and constructions in the city environment is considered, examples of analytical-synthetic work with models are resulted.

Keywords: geoinformation systems, cartographical modeling, an integrated approach, a system, an analysis.

Одним из направлений развития геоинформационных систем (ГИС) является создание моделей, одновременно с этим моделирование является и основной их функцией. Применения ГИС весьма разнообразны, поэтому и модели довольно различны по своей структуре, виду, выражению. В рамках нашего исследования была создана модель комплексной устойчивости зданий и сооружений в городской среде (это является особенно актуальным вопросом для тысячелетнего города в процессе его реконструкции и модернизации).

Существует множество разновидностей моделирования, но благодаря специфике ГИС и основному методу географии – картографированию – самым распространенным видом является картографическое моделирование.

Термин «*картографическое моделирование*» (cartographic modeling) обозначает процесс использования комбинаций команд для ответов на вопросы о пространственных феноменах. Более формально, *картографическая модель* – это набор взаимодействующих, упорядоченных операций с картами, которые используют как «сырые», так и обработанные данные для моделиро-

вания процесса принятия решений о пространственных объектах [1].

В работе Майкла Де Мерса приведена наиболее общая схема создания картографической модели, представленная на рисунке 1.

Этот алгоритм был взят за основу для создания комплексной модели устойчивости зданий и сооружений в городской среде. Большинство авторов по теории моделирования в рамках ГИС [1, 2] придерживаются мнения, что любая модель – это система, которая состоит из взаимосвязанных элементов. Поэтому процесс создания комплексной модели можно рассматривать как систему реализации простых алгоритмов.

В нашем случае модель устойчивости зданий и сооружений включает в себя две более простые схемы – выявление геоморфологических поверхностей на территории города и создание базы данных о поврежденности архитектурных построек.

В рамках исследования нами были изучены геолого-геоморфологические условия г. Ярославля и создана карта основных поверхностей на территории города. В самом общем виде модель создания рельефа представлена на рисунке 2.



Рис. 1. Обобщенная схема создания картографической модели

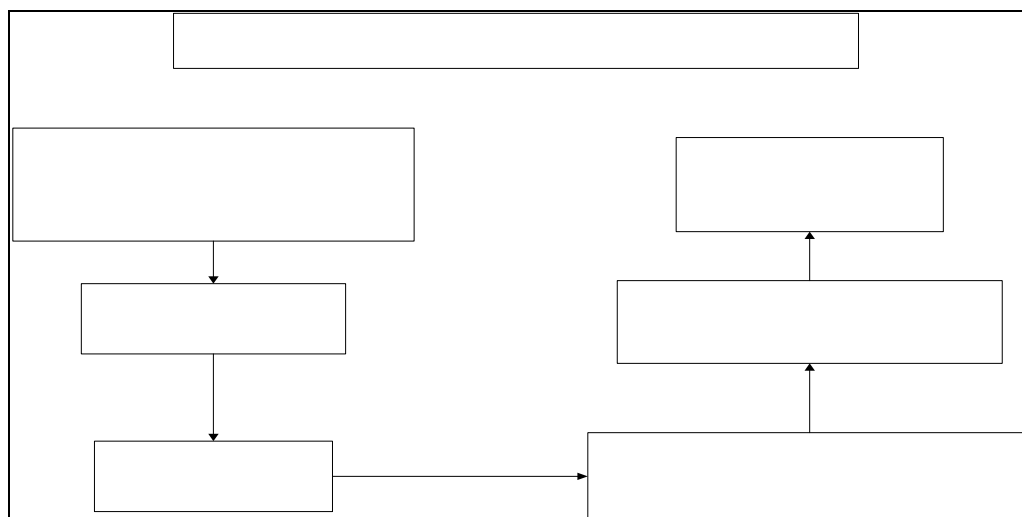


Рис. 2. Схема создания модели геоморфологических поверхностей

Процесс моделирования циклический, но движение происходит по спирали с наложением новых данных на уже имеющиеся данные обработки. В результате такого синтезирования получается новая информация, которая позволяет более четко увидеть процессы, явления, взаимосвязи. Структура процесса создания комплексной модели устойчивости представлена на рисунке 3.

Образец сводной базы данных для анализа представлен в таблице 1, а его визуальное отображение – на рисунке 5. Необходимо отметить, что процесс создания базы данных и ввод данных в ГИС занимают гораздо больше времени, чем обработка и анализ. Но, чем подробнее и

многоаспектнее данные, тем более точный результат мы получим на выходе.

В ходе исследования мы выделили следующие факторы, влияющие на устойчивость зданий и сооружений:

- 1) Геоморфологические поверхности;
- 2) Каркасные линии рельефа: ребра, тальвеги, водоразделы;
- 3) Погребенная гидрографическая сеть XVII–XIX веков.

Результатом моделирования является карта с прикрепленной к ней информационной базой (рис. 4). Подобная модель позволяет осуществлять не только анализ и дальнейший синтез, но и мониторинг изучаемых процессов.

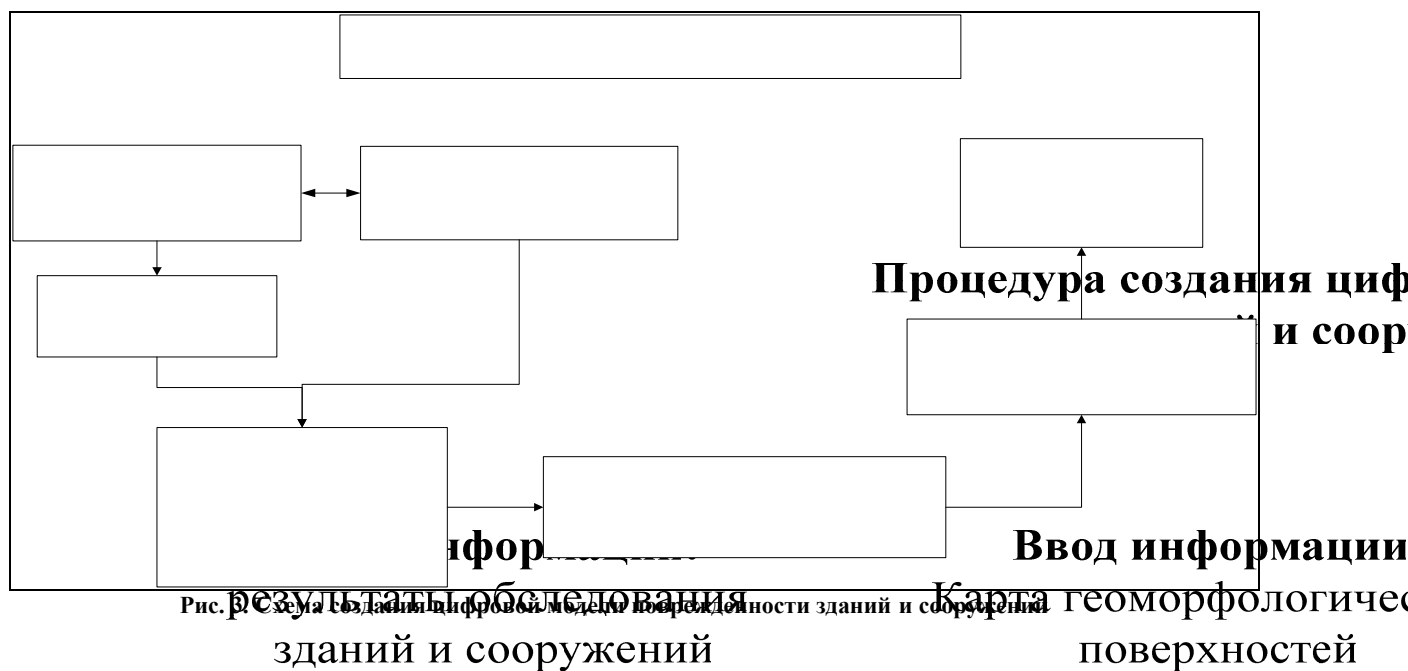


Рис. 3. Процедура создания цифровой модели поврежденности зданий и сооружений



Рис. 4. Карта-схема комплексной модели устойчивости зданий и сооружений г. Ярославля

В результате анализа модели мы получили следующие результаты: наиболее повреждающим фактором (более 70 %, % считался следующим образом: за 100% принимались все здания, которые так или иначе испытывали на себе дей-

ствие повреждающего фактора, а % отсчитывался для количества зданий из них, которые имеют повреждения) из оцениваемых является погребенная гидросеть. На территории, ныне занимаемой городом, раньше было довольно много во-

дотоков и водоемов как природного, так и искусственного происхождения. Но по мере застройки их ликвидировали, причем не всегда правильно и «корректно». В результате на данном этапе развития города можно наблюдать последствия этих не очень хорошо продуманных действий. Местами погребенная гидросеть вызывает подтопле-

ние, заболачивание, пучение грунтов, активизирует суффозионные процессы, что приводит в конечном счете к дестабилизации зданий и сооружений. Повреждения, вызванные этим фактором, носят, за небольшим исключением, комплексный характер.



Рис. 5. Диаграмма основных факторов влияния на устойчивость строений

Характер подстилающей поверхности сказывается на состоянии зданий не так сильно. Так, пересечение оснований зданий линиями перегиба рельефа (ребер, тальвегов) дает процент повреждений (40 %), не превышающий общесреднего.

Большая часть строений расположена в пределах второй и третьей речных террас. Это обусловлено историческим характером заселения и гидрогеологическими условиями территории. Процент повреждений здесь чуть выше общесреднего (45–46 %), хотя для зданий, расположенных на второй террасе он может достигать и 50 %.

Характер повреждений преимущественно комплексный. Отдельно следует назвать здания и сооружения, стоящие на центральной пойме и первой террасе, для которых характерен очень высокий процент повреждения фундамента без повреждения стен (40 % и 23 % соответственно). К дестабилизации, видимо, приводят своеобразные гидрогеологические условия: подтопление, заболачивание, изменение уровня грунтовых вод и пр.

Также большой процент повреждений (около 70 %) характерен для зданий, приуроченных к повышениям второй террасы р. Которосли и Волги

(это хорошо видно на диаграмме, рис. 5). С чем связан «всплеск» повреждающей силы повышенный второй террасы, сказать сложно. Скорей всего, это объясняется тем, что здесь накладываются несколько факторов: время постройки, в том числе исторические особенности заселения, использованный материал, а также геоморфологические особенности территории.

Общей закономерностью по результатам устойчивости в плане этажности является прямо пропорциональная зависимость – малоэтажные здания и сооружения имеют процент повреждения выше, чем высотные строения, что обусловлено историческими особенностями застройки территории (малоэтажки гораздо старше, а соответственно, имеют больше «симптомов» разрушения).

Таким образом, на примере данной модели мы смогли убедиться в эффективности ГИС-моделирования и наглядности получаемых результатов. Картографическое моделирование позволяет решать нетривиальные задачи и выявлять причинно-следственные связи для процессов и явлений, которые на первый взгляд, сложно проследить.

Распределение характера и степени поврежденности зданий и сооружений на территории исторического центра г. Ярославля

признаки подсчета	общее количество зданий, шт.	их процент от обследованных зданий	количество зданий с какими-либо повреждениями, шт.	их процент от общего количества обследованных зданий	их процент от общего количества поврежденных зданий	количество зданий с повреждениями стен, шт.	их процент от общего количества, %	их процент от общего количества поврежденных	количество зданий с повреждениями фундамента, шт.	их процент от общего количества, %	их процент от общего количества поврежденных	количество зданий с повреждениями и фундамента, шт.	их процент от общего количества, %	их процент от общего количества поврежденных
I. Пересечение основания зданий тальвегами:														
а) да	668	52,19%	268	20,94 %	40,12%	26	3,89 %	9,70%	15	2,25 %	5,60%	227	33,98 %	84,70%
б) нет	612	47,81%	302	23,59 %	49,37%	17	2,78 %	5,63%	7	1,14 %	2,32%	278	45,42 %	92,05%
II. Здания по этажности из п. I (а):														
а) 1...3 этажа	342	26,72%	150	11,72 %	43,86%	2	0,58 %	1,33%	5	1,46 %	3,33%	143	41,81 %	94,67%
б) 4...7 этажей	285	22,27%	112	8,75% %	39,30%	22	7,72 %	19,64 %	9	3,16 %	8,04%	81	28,42 %	72,32%
в) 8...16 этажей	41	3,20%	6	0,47% %	14,63%	2	4,88 %	33,33 %	1	2,44 %	16,67 %	3	7,32% %	50,00%
III. Пересечение основания зданий ребрами:														
а) да	790	61,72%	317	24,77 %	40,13%	22	2,78 %	6,94%	18	2,28 %	5,68%	277	35,06 %	87,38%
б) нет	490	38,28%	253	19,77 %	51,63%	21	4,29 %	8,30%	4	0,82 %	1,58%	228	46,53 %	90,12%
IV. Здания по этажности из п. III (а):														
а) 1...3 этажа	444	34,69%	211	16,48 %	47,52%	5	1,13 %	2,37%	5	1,13 %	2,37%	201	45,27 %	95,26%
б) 4...7 этажей	295	23,05%	99	7,73% %	33,56%	16	5,42 %	16,16 %	12	4,07 %	12,12 %	71	24,07 %	71,72%
в) 8...16 этажей	51	3,98%	7	0,55% %	13,73%	1	1,96 %	14,29 %	1	1,96 %	14,29 %	5	9,80% %	13,73%
V. Пересечение основания зданий линией главного водораздела:														
а) да	52	4,06%	24	1,88% %	46,15%	0	0,00 %	0,00%	0	0,00 %	0,00%	24	46,15 %	100,00 %
б) нет	1228	95,94%	546	42,66 %	44,46%	43	3,50 %	7,88%	22	1,79 %	4,03%	481	39,17 %	88,10%
VI. Здания по этажности из п. V (а):														
а) 1...3 этажа	40	3,13%	20	1,56% %	50,00%	0	0,00 %	0,00%	0	0,00 %	0,00%	20	50,00 %	100,00 %
б) 4...7 этажей	12	0,94%	4	0,31% %	30,00%	0	0,00 %	0,00%	0	0,00 %	0,00%	4	30,00 %	100,00 %
в) 8...16 этажей	0	0,00%	0	0,00% %	0,00%	0	0,00 %	0,00 %	0	0,00 %	0,00%	0	0,00% %	0,00%
VII. Положение зданий на геоморфологических поверхностях:														
а) низкая пойма	0	0,00%	0	0,00% %	0,00%	0	0,00 %	0,00%	0	0,00 %	0,00%	0	0,00% %	0,00%
б) центральная пойма	31	2,42%	5	0,39% %	16,13%	0	0,00 %	0,00%	2	6,45 %	40,00 %	3	9,68% %	60,00%
в) понижения центральной поймы	3	0,23%	0	0,00% %	0,00%	0	0,00 %	0,00%	0	0,00 %	0,00%	0	0,00% %	0,00%
г) повышение центральной поймы	5	0,39%	1	0,08% %	100,00 %	0	0,00 %	0,00%	0	0,00 %	0,00%	1		

поймы														
д) первая терраса	102	7,97%	35	2,73%	34,31%	0	0,00%	0,00%	8	7,84%	22,86%	27	26,47%	77,14%
е) понижения первой террасы	0	0,00%	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%
ж) повышения первой террасы	0	0,00%	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%
з) вторая терраса	269	21,02%	135	10,55%	50,19%	11	4,10%	2,96%	6	2,23%	4,44%	118	43,87%	87,41%
и) понижения второй террасы	21	1,64%	8	0,63%	38,10%	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%	8	38,10%	100,00%
к) повышения второй террасы	9	0,70%	6	0,47%	66,67%	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%	6	66,67%	100,00%
л) третья терраса	1060	82,81%	481	37,58%	45,38%	38	3,58%	7,90%	12	1,13%	2,49%	431	40,66%	89,60%
м) понижения третьей террасы	95	7,42%	43	3,36%	45,26%	3	3,16%	6,98%	0	0,00%	0,00%	40	42,11%	93,02%
н) повышения третьей террасы	307	23,98%	149	11,64%	48,53%	4	1,30%	2,68%	6	1,95%	4,02%	139	45,28%	93,29%
о) пересечение оснований зданий с бровками	92	7,19%	43	3,36%	46,74%	3	3,26%	6,98%	3	3,26%	6,98%	37	40,22%	86,05%
VIII. Пересечение оснований зданий линиями перегиба рельефа:														
а) есть	92	7,19%	43	3,36%	46,74%	3	3,26%	6,98%	3	3,26%	6,98%	37	40,22%	86,05%
б) нет	1188	92,81%	527	96,64%	44,36%	40	3,37%	7,02%	19	1,59%	3,33%	468	39,39%	92,67%
IX. Пересечение оснований зданий линиями погребенной гидросети:														
а) XVII века	19	1,48%	14	1,09%	73,68%	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%	14	73,68%	100,00%
б) XVIII века	22	1,72%	13	1,02%	59,09%	1	4,55%	7,69%	0	0,00%	0,00%	12	54,55%	92,31%
в) XIX века	10	0,78%	1	0,08%	10,00%	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%	1	10,00%	100,00%
д) отсутствует такое	1229	96,02%	542	42,34%	95,09%	42	3,42%	7,39%	22	1,79%	3,86%	478	38,89%	94,65%
X. Пересечение оснований зданий линиями погребенных оврагов 18 века:														
а) есть	14	1,09%	2	0,16%	14,29%	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%	2	14,29%	100,00%
б) нет	1266	98,91%	568	44,38%	44,87%	43	3,40%	7,54%	22	1,74%	3,86%	503	39,73%	99,60%

Библиографический список

1. Де Мерс Майкл. Географические информационные системы. Основы [Текст] / Майкл Де Мерс ; пер. с англ. Владимир Андрианов. – М. : Дата плюс, 1999 – 493 с. с ил.
2. Тикунов, В. С. Моделирование в картографии. [Текст] / В. С. Тикунов. – М. : Изд-во Московского университета, 1997 г. – 405 с.