

Организационно-технологические направления по восстановлению объектов после чрезвычайных ситуаций с использованием BIM-технологий

С.Г. Шеина, И.В. Новоселова, И.А. Чернявский

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: В статье рассматриваются концептуальные и практические направления применения BIM-технологий при выполнении работ по обследованию и восстановлению зданий и сооружений, пострадавших в результате чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также при моделировании последствий стихийных бедствий или техногенных катастроф. Отдельно рассмотрены способы применения программных комплексов BIM при пожарах, землетрясениях, наводнениях, подтоплениях, а также при организации эвакуации людей и оценке поврежденных конструкций зданий.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, восстановление объектов, BIM-технологии, техногенные катастрофы, стихийные бедствия, обследование зданий.

Принятие надлежащих и своевременных мер реагирования во время и после чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера играет важнейшую роль в минимизации негативных социально-экономических последствий. Масштабный ущерб, причиняемый инфраструктуре и жилым домам, сопровождается травмами и гибелью людей, реверсом или стагнацией местной экономики [1]. Бедствия происходят в неопределенное время и с неизвестными последствиями. Кроме того, лица, уполномоченные принимать решения по восстановлению территорий после ЧС, сталкиваются с различными факторами ЧС одновременно, что требует соответствующей реакции в стрессовой ситуации. В последние годы значительные финансовые потери на объектах критической инфраструктуры были вызваны отсутствием своевременных мер контроля и реагирования на ЧС. Так, по данным ООН, в период с 1997 по 2017 год мировой ущерб от стихийных бедствий составил 2,3 триллиона долларов США. Число погибших в этот период составило 1,3 миллиона

человек [2]. Таким образом, в целях уменьшения негативных последствий ЧС теме восстановления объектов следует уделять повышенное внимание.

Восстановление зданий и сооружений после чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера представляет собой динамичную, сложную работу, которая хаотична по своей природе и содержит множество проблем, связанных с неопределенностью [3].

Одним из инструментов анализа и визуализации предполагаемых, а также уже совершившихся последствий ЧС на объектах капитального строительства в ближайшем будущем может стать информационное моделирование зданий (BIM), которое представляет собой интеллектуальный инструмент, используемый в строительных проектах для управления проектной информацией и проектированием зданий в цифровой форме. Такой подход обеспечивает обмен информацией и взаимодействие между сторонами. Информационное моделирование является платформой для улучшения совместной работы и коммуникации, и его сфера применения расширилась от 3D-моделирования до привязки атрибута времени (4D) к ней, затрат (5D), устойчивости окружающей среды (6D) и управления объектами (7D) [4, 5]. Несмотря на представленные преимущества информационного моделирования, его внедрение в области оценки масштаба разрушений и технического состояния зданий и сооружений после чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера не получило еще пока должного внимания.

Тем не менее, в ближайшем будущем BIM-технологии должны занять центральное место в управлении ликвидацией последствий ЧС на всех этапах. Используя дополненную реальность для моделирования нескольких сценариев стихийных бедствий и техногенных катастроф, с последующим определением наилучшего способа противодействия им, либо ликвидации последствий, BIM может помочь в подготовке таких мер.

Задействовать BIM-технологии при ЧС возможно для отслеживания ключевых данных о здании для проведения технического обследования и предотвращения выхода объекта из строя в случае стихийного бедствия. Кроме того, параметрическая модель может помочь лицам, принимающим решения, понять более широкую картину последствий ЧС и ускорить оценку повреждений зданий, а также более эффективно организовать строительную площадку для восстановления пострадавшего объекта [6, 7].

Рассматривая возможности применения BIM-технологий в формировании путей эвакуации, важно отметить, что они должны быть не только короткими, но и безопасными, а также свободными от препятствий [8]. Эти маршруты спасения могут быть изменены во время эвакуации в зависимости от условий ЧС. Следовательно, маршруты спасения должны определяться динамически. В этом случае информационная модель здания, скооперированная с нейросетями и с алгоритмом поиска, поможет обеспечить руководство эвакуацией при пожаре. Выбор маршрута системой в этом случае будет выполняться, исходя из анализа нейросетью расстояния, риска подверженности факторам ЧС, возможного скопления людей, а также задымления на отдельных участках с помощью датчиков. Интегрированная в здании система технологии Интернета вещей (IoT) и BIM может быть задействована для управления светодиодными указателями, помогая эвакуирующимся находить безопасные маршруты в режиме реального времени [9].

Использовать BIM-технологии можно и для оценки сейсмической уязвимости существующих зданий. Оценка строительных элементов здания после землетрясения требует точных геометрических характеристик строительных элементов [10], и эта информация может быть получена из информационной модели оцениваемого объекта. Сейсмический анализ на основе BIM может дать важную информацию о конструкциях (в том числе

сведения об арматуре для бетонных зданий и о соединении в случае стальной конструкции) что приведет к детализации и улучшению результатов анализа. Также информационную модель можно экспортировать из программного комплекса BIM в расчетный программный комплекс (ЛИРА, ANSYS, Midas и др.) для выполнения сейсмического анализа [11].

BIM-технологии можно сочетать с мониторингом структурного состояния конструкций при помощи датчиков для защиты критически важных объектов и наблюдения за ними. Это позволит быстро получить данные о конструкциях, выполнить проверку после землетрясения, снизить трудозатраты экспертов для осмотра пораженного участка, а также эффективно оценить последствия афтершоков, что сводит к минимуму количество необходимых проверок и, следовательно, снижает риски и временные затраты при обследовании [12]. Также благодаря этому можно получить своевременную и актуальную информацию о техническом состоянии здания [13]. Важно отметить, что из-за того, что некоторые конструкции и элементы зданий являются скрытыми, оценка деформаций объектов после землетрясений является сложной и дорогостоящей, однако датчики способны решить эту проблему и предоставить актуальную информацию о деформациях, которую затем можно визуализировать в программных комплексах BIM. Помимо этого, BIM может проложить пути информационного обмена при авариях для принятия эффективных решений по выявлению и управлению рисками [14]. При поисково-спасательных мероприятиях информационная модель поможет сотрудникам МЧС определить приоритетные места с возможным присутствием людей.

Комбинирование BIM-технологий и геоинформационных систем (ГИС) является перспективным инструментом для оценки опасности ЧС природного характера и оценки ущерба от него, учитывая тот факт, что большая часть ГИС связана с географическими объектами, а BIM с

информационной базой данных о зданиях [15]. Например, моделирование распространения наводнения или подтопления на основе топографических данных высокого разрешения. Предлагаемый способ оценивания может предоставить подробную информацию об предполагаемом масштабе бедствия, скорости распространения потока к населенным пунктам, расположенным ниже по течению, а также создать параметрическую модель воздействия подъема воды на здание, в то время как устаревшие подходы используют 2D-графические модели для оценки опасностей наводнения или подтопления. BIM в совокупности с интеллектуальными датчиками, расположенными в ливневых канализациях, может использоваться для мониторинга опасности подтоплений в режиме реального времени [16].

После разрушения здания вследствие чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, количество повреждений не всегда получается определить быстро и в полном объеме [17]. Чтобы эффективно организовать аварийное восстановление зданий, эксперты комиссий, выполняющих оценку, должны выяснить состояние конструктивных элементов. Технологии дистанционного зондирования (например, воздушного или наземного лазерного сканирования) с построением облака точек являются перспективным инструментом для сбора информации о поврежденных конструкциях. Сравнивая параметрическую модель здания, построенную в программных комплексах BIM, с данными сканирования можно охарактеризовать степень повреждения конструкций [18].

Однако существует проблема реализации подобных концепций на практике, которая состоит в сложности организации связи между программными комплексами, разрабатываемыми различными компаниями, и для которых потребуется разработка связующего звена в виде скриптов либо же единство программного кода, организуемое посредством сотрудничества разработчиков. Несмотря на это, важно отметить, что использование BIM-

технологий в ближайшее десятилетие может качественно изменить процедуру обследования и организацию процесса восстановления зданий и сооружений, пострадавших в результате чрезвычайных ситуаций.

Литература

1. Шеина С.Г., Новоселова И.В., Чернявский И.А. Организационно-технологические подходы к оценке безопасности зданий, пострадавших в результате природных и техногенных аварий и катастроф // Инженерный вестник Дона, 2022, № 7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2022/7795.
2. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2022 // United Nations Office for Disaster Risk Reduction. URL: undrr.org/publication/global-assessment-report-disaster-risk-reduction-2022.
3. Федосеев С.В., Лободенко А.Г., Балашова Е.В. Модель развития технических систем управления // Инженерный вестник Дона, 2013, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1836.
4. How BIM helps to create a more disaster-resilient world // Geoweeknews. URL: geoweeknews.com/news/how-bim-helps-to-create-a-more-disaster-resilient-world.
5. The Role of Construction Before and After a Natural Disaster// Trimble. Construction. URL: constructible.trimble.com/construction-industry/when-mother-nature-attacks-the-role-of-construction-before-and-after-a-natural-disaster.
6. The post-disaster reconstruction challenges in an unstable world // Leonard.Vinci. URL: leonard.vinci.com/en/the-post-disaster-reconstruction-challenges-in-an-unstable-world/.
7. New Technologies for Rebuilding After Natural Disasters - Rebuild Better and Smarter // Watershed Materials. URL: watershedmaterials.com/blog/2017/10/17/new-technologies-for-rebuilding-after-natural-disasters.



8. Месхи Б.Ч. Компетенции безопасности жизнедеятельности: стандарты и действительность // Высшее образование в России, 2011, № 6. С. 94-98.
 9. Disaster-resilient buildings designed using BIM // Digital School. URL: digitalschool.ca/designing-disaster-resilient-buildings-using-bim/.
 10. Харитонов В.А. Проектирование и строительство зданий с учетом сейсмических воздействий // Естественные и технические науки, 2014, № 11-12 (78). С. 416-418.
 11. 5D BIM is revolutionizing pre-construction and early design while saving owners time and money // Korte build smart. URL: korteco.com/construction-industry-articles/5d-bim-revolutionizing-pre-construction-and-early-design-while-saving-2/.
 12. Кравченко Г.М., Труфанова Е.В., Дзари-Ипа И.А., Эшба Э.А. Проблемы учета сейсмических воздействий при проектировании зданий // Строительство и архитектура, 2018, № 4. С. 5-8.
 13. Побегайлов О.А., Бойков Д.В. Повышение эффективности эксплуатационной надежности в аспекте организационно-технологических и конструктивных решений // Инженерный вестник Дона, 2018, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4878.
 14. Методы оценки ущербов зданиям и сооружениям от природных катастроф и техногенных аварий // Экология справочник. URL: ecology.info/post/100796703450013/.
 15. Серая Е.С., Шеина С.Г., Петров К.С., Матвейко Р.Б. Интеллектуальная городская среда. Интеграция ГИС и BIM // Инженерный вестник Дона, 2019, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5495.
 16. Совместное применение BIM и ГИС: будущее инфраструктурных проектов // INTEGRAL. URL: integral-russia.ru/2018/10/02/20576/.
-

17. Мурзин А.Д., Килафян Е.А. Управление природно-техногенными рисками инвестиционно-строительных проектов комплексного развития городских территорий // Инженерный вестник Дона, 2013, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2180.

18. Liu J., Xu D., Нууппа J., Liang Y. A survey of applications with combined BIM and 3D Laser Scanning in the Life Cycle of Buildings // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 2021, № 14. pp. 5627-5637.

References

1. Sheina S.G., Novoselova I.V., Chernyavsky I.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, № 7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2022/7795.

2. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. URL: undrr.org/publication/global-assessment-report-disaster-risk-reduction-2022.

3. Fedoseyev S.V., Lobodenko A.G., Balashova E.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1836.

4. Geoweeknews. URL: geoweeknews.com/news/how-bim-helps-to-create-a-more-disaster-resilient-world.

5. Trimble. Construction. URL: constructible.trimble.com/construction-industry/when-mother-nature-attacks-the-role-of-construction-before-and-after-a-natural-disaster.

6. Leonard.Vinci. URL: leonard.vinci.com/en/the-post-disaster-reconstruction-challenges-in-an-unstable-world/.

7. Watershed Materials. URL: watershedmaterials.com/blog/2017/10/17/new-technologies-for-rebuilding-after-natural-disasters.

8. Meskhi B.Ch. Vyssheye obrazovaniye v Rossii, 2011, № 6. pp. 94-98.

9. Digital School. URL: digitalschool.ca/designing-disaster-resilient-buildings-using-bim/.



10. Kharitonov V.A. Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki, 2014, № 11-12 (78). pp. 416-418.
11. Korte build smart. URL: korteco.com/construction-industry-articles/5d-bim-revolutionizing-pre-construction-and-early-design-while-saving-2/.
12. Kravchenko G.M., Trufanova E.V., Dzari-Ipa I.A., Eshba E.A. Stroitel'stvo i arkhitektura, 2018, № 4. pp. 5-8.
13. Pobegaylov O.A., Boykov D.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4878.
14. Ekologiya spravochnik. URL: ru-ecology.info/post/100796703450013/.
15. Seraya E.S., Sheina S.G., Petrov K.S., Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5495.
16. INTEGRAL. URL: integral-russia.ru/2018/10/02/20576/.
17. Murzin A.D., Kilafyan E.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2180.
18. Liu J., Xu D., Hyuppa J., Liang Y. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 2021, № 14. pp. 5627-5637.