

Научная статья

Original article

УДК 69



**ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ
ПРИ УПЛОТНЕННОЙ ЗАСТРОЙКЕ**

**GEOTECHNICAL MONITORING OF MULTI-STOREY BUILDINGS IN
COMPACT DEVELOPMENT**

Ариан Сергеевич Далбараев, ассистент, Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова

Arian Sergeevich Dalbaraeв, assistant, North-Eastern Federal University. M.K. Ammosova

Аннотация: В статье исследованы особенности геотехнического мониторинга многоэтажных зданий при уплотненной застройке. Автор считает, что антропогенное проседание является серьезной угрозой для городских территорий, приводя к долгосрочным экономическим потерям. В определенных геологических условиях просадка может нанести серьезный ущерб, что приводит к опрокидыванию конструкции и прекращению работы подземных коммуникаций. Прямые и косвенные эффекты проседания приводят к расходам в миллиарды долларов в нескольких прибрежных городах по всему миру. Функциональные возможности различных систем геотехнического мониторинга не только облегчают представление информации, но, что важно, также предоставляют своевременную информацию операторам, инженерам и менеджерам,

которым необходимо реагировать на выходную информацию и принимать срочные решения относительно строительных работ.

Abstract: The article investigates the features of geotechnical monitoring of multi-storey buildings in compacted buildings. The author believes that anthropogenic subsidence is a serious threat to urban areas, leading to long-term economic losses. Under certain geological conditions, subsidence can cause serious damage, which leads to the overturning of the structure and the termination of underground utilities. The direct and indirect effects of subsidence lead to billions of dollars in costs in several coastal cities around the world. The functionality of various geotechnical monitoring systems not only facilitates the presentation of information, but, importantly, also provides timely information to operators, engineers and managers who need to respond to output information and make urgent decisions regarding construction work.

Ключевые слова: геотехнический мониторинг, уплотненная застройка, многоэтажные здания.

Keywords: geotechnical monitoring, compacted buildings, multi-storey buildings.

Традиционное инженерно-геологическое обоснование для мониторинга состояния конструкций до, во время и после строительства состоит в том, чтобы обеспечить систему предупреждений для предотвращения критического отказа объекта, а также для выявления неизвестных и уменьшения неопределенности, присущей геотехническим работам. Однако, учитывая бурение туннелей под зданиями плотной городской застройки, геотехническая инженерия – не единственная точка зрения, которую следует учитывать. С точки зрения проекта в целом, мониторинг эффективности также необходим для информирования заинтересованных сторон, удовлетворения требований регулирующих органов, документирования

результатов деятельности, оценки убытков и, возможно, уменьшения количества судебных разбирательств[2].

По мере того как программы анализа становились все больше и сложнее, с постоянно увеличивающимся объемом генерируемых данных, системы управления данными геотехнического мониторинга и отчетности со временем эволюционировали, чтобы соответствовать меняющимся требованиям проекта.

Первое поколение программного обеспечения можно датировать началом 1990-х годов. В то время обычно существовали «мелкомасштабные» проекты с десятками датчиков. Для каждого проекта были разработаны специально построенные графические представления на основе DOS.

Программное обеспечение второго поколения преобладало в начале 2000-х годов. Оно, как правило, использовалось для проектов «среднего» размера с сотнями датчиков. Microsoft Windows, база данных Access, графические интерфейсы были разработаны с настраиваемыми пользователем уведомлениями о тревогах. Примеры программных пакетов того времени включают MultiMon, BCSWin и I-Site.

Третье поколение программного обеспечения для геотехнического и структурного мониторинга используется в настоящее время в «крупномасштабных» инфраструктурных проектах с тысячами датчиков. Современное программное обеспечение, как правило, основано на сети, без необходимости устанавливать какое-либо программное обеспечение на компьютер пользователя. Эти системы были разработаны с использованием внутренних баз данных SQL и обеспечивают значительную функциональность, включая сообщения о тревогах, автоматические отчеты в формате PDF и многое другое. Они часто приобретаются как программные услуги, а не как отдельное программное обеспечение. Примеры включают ARGUS, Atlas, ISiteCentral, Geoscope и Vista Dataview [1].

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

В литературе представлен широкий обзор процесса планирования и внедрения геотехнических приборов. Также была разработана подробную техническую спецификацию для успешного управления данными, собираемыми с помощью UCIMS, и составления отчетов о них.

UCIMS задумывался как общее хранилище данных от всех заинтересованных сторон, включая многочисленных подрядчиков и субподрядчиков. Техническая спецификация предусматривала создание системы управления данными по КИП с интуитивно понятным пользовательским интерфейсом на основе карт для хранения и визуализации карт участков, геотехнических данных, записей по КИПиА и строительных записей. Объем данных, которыми необходимо управлять, включает более 35 000 инструментов и 79 000 датчиков, отслеживающих объекты поминутно [4].

Учитывая большое количество датчиков, система должна была включать функции поиска для определения местоположения и просмотра данных, интерактивной навигации (панорамирование и масштабирование), идентификации и отображения функций путем выбора номера станции, координат и названий, а также просмотра как в плане, так и в поперечном направлении. Помимо данных приборов, системе требовалось управлять и отображать информацию о заинтересованных сторонах, такую как историческая информация о зданиях, коммунальных услугах и других активах.

В конечном счете, UCIMS должен был функционировать как инструмент отчетности для заинтересованных сторон, таких как подрядчики, местные власти, владельцы коммунальных предприятий и другие заинтересованные стороны. Каждой заинтересованной стороне был предоставлен доступ к данным из их собственных областей для мониторинга производительности до, во время и после строительства в режиме реального времени.

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

UCIMS был разработан с использованием кодовой базы программного обеспечения для мониторинга ARGUS от itmsoil, которая была расширена за счет включения интерфейса ГИС. Кодовая база ARGUS состоит из пакета программного обеспечения с открытым исходным кодом, которое включает Linux, Apache, MySQL и PHP, обычно известного как стек LAMP. В этом стеке Linux - операционная система, Apache - веб-сервер, MySQL - платформа управления базами данных, а PHP - язык сценариев на стороне сервера, используемый для визуализации веб-страниц.

ARGUS предоставил мощный графический веб-интерфейс пользователя (GUI), который позволял конфигурировать, управлять и отображать большие объемы инструментальных данных из различных источников. Однако в ARGUS данные датчиков отображались только на статических объектах, а это означало, что для каждого проекта необходимо было настроить множество отдельных «видов в плане» для отображения датчиков. Эти изображения вида сверху обычно являются либо фотографиями, либо снимками экрана из программных пакетов САПР, которые не позволяют отображать сложные геометрические объекты. Учитывая существующие возможности кодовой базы ARGUS, цель группы разработчиков UCIMS состояла в том, чтобы выбрать и использовать совместимые технологии для удовлетворения требований проекта [5].

Интерфейс ГИС был разработан с использованием многоуровневой клиент-серверной веб-архитектуры ГИС состоящей из MapServer и OpenLayers Университета Миннесоты (UMN). MapServer – это механизм визуализации географических данных с открытым исходным кодом, который делает данные ГИС доступными в виде слоев веб-картографического сервиса (WMS) и веб-сервиса объектов (WFS).

OpenLayers – это библиотека JavaScript с открытым исходным кодом для отображения данных карты, таких как слои WMS и WFS, в веб-браузерах. UMN MapServer использовался в качестве «внутреннего» сервера

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

для обработки данных ГИС, а OpenLayers использовался в качестве «внешнего» клиентского интерфейса для объединения и отображения данных пользователю.

UMN MapServer использовался для преобразования данных проекта, включая чертежи САПР наземных и подземных строительных работ, информацию об активах и историческую информацию о зданиях, в слои данных, доступные через Интернет. Было рассмотрено несколько других ГИС-серверов, включая ArcGIS Server, GeoServer, Mapnik и MapGuide. UMN MapServer был выбран в первую очередь потому, что он имеет мощный и эффективный механизм отображения, который хорошо сочетается с существующим стеком ARGUS. Он также был выбран потому, что он имеет прочный послужной список использования с середины 1990-х годов, имеет активное сообщество разработчиков и поддерживает множество растровых и векторных форматов данных.

OpenLayers использовался для динамического отображения данных приборов, положения ТВМ и других наложений поверх множества слоев базовой карты. OpenLayers предоставил основу для базовых действий пользователя, таких как панорамирование, масштабирование и включение и выключение слоев данных ГИС. Это также позволило реализовать ряд дополнительных функций, таких как кластеризация символов. OpenLayers был выбран снова, потому что он хорошо вписывается в существующий стек ARGUS и не был «связан» с другими библиотеками программного обеспечения [3].

В литературе исследуются также другие интерфейсы прикладных программ (API) Javascript, включая API Google Maps и ESRI ArcGIS Javascript API, однако в конечном итоге чаще всего предпочтение отдается OpenLayers из-за оптимального сочетания функций, документации и ограниченного пространства в приложении в целом.

UCIMS был разработан для решения проблем доступности, масштаба и контекста. Ряд инновационных инструментов, технологий и методов был использован для одновременной визуализации данных геотехнических приборов, информации об активах в режиме реального времени.

Инструменты настольной ГИС уже давно могут выполнять необходимое управление данными и анализ, необходимый для проекта такого масштаба. Однако, учитывая распределенный характер проекта, когда как внутренние, так и внешние заинтересованные стороны проекта находятся в нескольких местах, использование программного обеспечения для настольных ПК было нецелесообразным. Кроме того, мощное программное обеспечение ГИС для настольных ПК требует значительного обучения для эффективного и действенного использования[6].

Таким образом, UCIMS был разработан для обеспечения беспрецедентной функциональности системы мониторинга КИПиА и строительства, доступной через удобный веб-интерфейс на основе карт. Используя многоуровневую архитектуру веб-ГИС «клиент-сервер» с открытым исходным кодом, состоящую из UMN MapServer и OpenLayers, существующий пакет геотехнического программного обеспечения и программного обеспечения для мониторинга был расширен для решения проблем доступности, масштаба и контекста.

UCIMS может отображать выходные записи тысяч датчиков одновременно и накладывать эти датчики на базовые карты, включая чертежи САПР, аэрофотоснимки с географической привязкой и растровые карты, а также фотографии. Среди многих функций пользователи могут панорамировать, масштабировать, искать и фильтровать датчики, сохранять представления, измерять площади и нажимать датчики для создания графиков временных трендов данных. Эти временные тренды в сочетании с независимыми и автоматическими уровнями сигналов тревоги обеспечивают своевременную обратную связь и защиту для

заинтересованных сторон. Функциональные возможности, встроенные в UCIMS, не только облегчают представление информации, но, что важно, также предоставляют своевременную информацию операторам, инженерам и менеджерам, которым необходимо реагировать на выходную информацию и принимать срочные решения относительно строительных работ.

Список литературы

1. Смирнов В.В., Земенков Ю.Д., Торопов С.Ю., Сероштанов И.В., Никифоров В.Н., Перспективы развития систем геотехнического мониторинга // ГИАБ. 2014. №S4.
2. Квартальнов С.В., Макулов В.В. Геотехнический мониторинг зданий и сооружений // European science. 2017. №5 (27).
3. C.-B. Hu, F. Zhang, F.-Y. Gong, C. Ratti, X. Li Classification and mapping of urban canyon geometry using Google Street View images and deep multitask learning Build. Environ., 167 (2020), p. 106424
4. N. Carhart The crossrail major infrastructure project – high-end risk management at work Hazards Forum Newsletter (December 2013) No 81
5. R.H. Bassett, J.P. Kimmance, C. Rasmussen An automated electrolevel deformation monitoring system for tunnels Proceedings of the ICE – Geotechnical Engineering, 137 (3) (1999), pp. 117-125
6. R. Nyren, A. Marr, D. Jacobs iSiteCentral: web-based data management software Geotechnical Instrumentation News (2011)

List of literature

1. Smirnov V.V., Zemenkov Yu.D., Toropov S.Yu., Seroshtanov I.V., Nikiforov V.N., Prospects for the development of geotechnical monitoring systems // GIAB. 2014. №S4.
2. Kvartalnov S.V., Makulov V.V. Geotechnical monitoring of buildings and structures // European science. 2017. №5 (27).

3. C.-B. Hu, F. Zhang, F.-Y. Gong, C. Ratti, X. Li Classification and mapping of urban canyon geometry using Google Street View images and deep multitask learning Build. Environ., 167 (2020), p. 106424
4. N. Carhart The crossrail major infrastructure project – high-end risk management at work Hazards Forum Newsletter (December 2013) No 81
5. R.H. Bassett, J.P. Kimmance, C. Rasmussen An automated electrolevel deformation monitoring system for tunnels Proceedings of the ICE – Geotechnical Engineering, 137 (3) (1999), pp. 117-125
6. R. Nyren, A. Marr, D. Jacobs iSiteCentral: web-based data management software Geotechnical Instrumentation News (2011)

© А.С. Далбараев, 2021 *Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2021*

Для цитирования: А.С. Далбараев Геотехнический мониторинг многоэтажных зданий при уплотненной застройке// Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2021