

Е. В. Минченко¹✉

Совершенствование методики создания цифрового инженерно-топографического плана с интеграцией 3DGS-модели

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: ovchinnik@list.ru

Аннотация. Традиционные цифровые топографические планы обеспечивают геометрическую точность, но не дают фотореалистичного трёхмерного контекста, необходимого для визуального контроля оборудования. В статье предлагается методика создания инженерно-топографического плана с интеграцией 3DGS-модели через механизм гиперссылки для организации доступа к VR/AR-визуализации. Выполнена SLAM-съёмка центрального теплового пункта, построена 3DGS-модель помещения и оборудования, которая размещена в облачном хранилище с генерацией постоянной URL-ссылки. В среде nanoCAD создана гиперссылка на полученный URL. При клике по объекту на топографическом плане осуществляется переход к VR/AR-просмотру модели. Разработанная блок-схема описывает процесс от полевых работ до визуализации. Погрешность взаимного положения плана и модели по контрольным точкам составляет 2–5 см, что является достаточным для задач визуального контроля. Предложенный подход не заменяет классический топографический план, а дополняет его функционалом быстрого иммерсионного доступа к трёхмерному состоянию объекта.

Ключевые слова: 3D Gaussian Splatting, гиперссылка, nanoCAD, топографический план, VR/AR, центральный тепловой пункт

Е. В. Minchenko¹✉

Improvement of the Methodology for Creating a Digital Engineering Topographic Plan with Integration of a 3DGS Model

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: ovchinnik@list.ru

Abstract. Traditional digital topographic plans provide geometric accuracy but lack the photorealistic three-dimensional context necessary for visual inspection of equipment. The paper proposes a method for creating an engineering topographic plan integrating a 3DGS model via a hyperlink mechanism to provide access to VR/AR visualization. SLAM surveying of a central heating point was performed, and a 3DGS model of the premises and equipment was constructed, which is then placed in cloud storage with the generation of a permanent URL link. A hyperlink to the obtained URL is created in the nanoCAD environment. Clicking on an object in the topographic plan triggers a VR/AR view of the model. The developed flowchart describes the process from field work to visualization. The discrepancy in the relative position of the plan and the model at check points is 2–5 cm, which is sufficient for visual inspection tasks. The proposed approach does not replace the classical topographic plan but complements it with the functionality of rapid immersive access to the three-dimensional state of the facility.

Keywords: 3D Gaussian Splatting, hyperlink, nanoCAD, topographic plan, VR/AR, central heating point

Введение

Промплощадки промышленных предприятий, включая территории тепловых электростанций, представляют собой сложные и ответственные инженерные комплексы [1].

Важным элементом инженерной инфраструктуры промплощадок являются тепловые пункты – центральные (ЦТП) и индивидуальные (ИТП).

Обследования тепловых пунктов и инженерных коммуникаций традиционно выполняется с использованием тахеометров и ручных обмеров, что сопряжено со значительными временными затратами и ограниченной детализацией получаемых данных [1, 2]. Традиционные методы дают плоский чертеж, а эксплуатирующей организации нужна объёмная сцена с возможностью «заглянуть» за трубы.

Проблема заключается в разрыве между точным 2D-планом и фотореалистичным 3D-контекстом, необходимым для визуального контроля. Современные требования строительства и эксплуатации коммуникаций требуют быстрого визуального доступа к трёхмерному состоянию объекта [3] непосредственно с топографического плана.

Цель данной статьи – разработать и апробировать методику создания гиперссылки на топографическом плане в nanoCAD для доступа к 3DGS-модели ЦТП в среде виртуальной и дополненной реальности.

Задачи: выполнить съёмку ЦТП с использованием мобильного лазерного сканера (SLAM); построить 3DGS-модель помещения и оборудования; разработать порядок создания гиперссылки в nanoCAD; апробировать метод на примере ЦТП.

Методы и материалы

В качестве объекта исследования выбран центральный тепловой пункт. Площадь внутреннего помещения составляет 285 кв. м., высота помещения 4,5 м.

Выбор объекта обусловлен наличием высокой плотности инженерных систем: трубопроводы подачи и обратки теплосети, ГВС, ХВС, а также большое количество технологического оборудования: пластинчатые теплообменники, насосы, грязевики, фильтры, регулирующие клапаны, узлы учета тепла, запорная и предохранительная арматура, контрольно-измерительные приборы, контроллеры, щиты управления, электрические шкафы и кабельные трассы (рис. 1).



Рис. 1. Внутреннее пространство ЦТП

Съёмка объекта выполнялась с использованием мобильного лазерного сканера XGRIDS LixelKity K1, работающего по технологии SLAM (Simultaneous Localization and Mapping). Прибор позволяет выполнять скоростную съёмку в условиях ограниченного пространства без необходимости установки штатива, что критически важно для стеснённых условий помещения ЦТП.

Обработка данных со сканера выполнялась в специализированном программном обеспечении LixelStudio. Построение фотореалистичной 3DGS-модели выполнено в ПО Lixel Cyber Color (LCC).

Технология 3D Gaussian Splatting (3DGS) позволяет получить фотореалистичную модель, пригодную для визуального контроля. После обработки результатов измерений в программном обеспечении 3DGS-модель необходимо экспортировать в один из поддерживаемых форматов (.splat, .ply, .glb). Далее файл модели размещается в облачном хранилище с генерацией постоянной URL-ссылки, либо для работы без доступа к сети интернет модель размещается на локальном диске компьютера. На топографическом плане создаётся маркер для гиперссылки. При клике по объекту на плане открывается VR/AR-просмотр модели в установленном плеере. Для просмотра через VR-шлем можно использовать модуль Leica Truveiw VR.

Результаты

На рис. 2 представлена блок-схема процесса создания гиперссылки на топографическом плане для доступа к 3DGS-модели в среде VR/AR.



Рис. 2. Блок-схема процесса создания гиперссылки на топографическом плане для доступа к 3DGS-модели в среде VR/AR

При клике на метку на топографическом плане в nanoCAD открывается VR-сцена с 3DGS-моделью, позволяющая осмотреть помещение с любого ракурса. Применение данной технологии позволяет получить ракурсы, физически недоступные при реальном обходе [4-5].

Реализовано два способа просмотра 3DGS-модели (рис. 3):

1. На компьютере пользователя в веб-браузере или настольном VR-плеере по гиперссылке открывается 3DGS-модель. Пользователь управляет камерой с помощью мыши и клавиатуры, осматривая помещение с любого ракурса.
2. При клике по гиперссылке на топографическом плане запускается VR-приложение, совместимое с подключённым шлемом. Пользователь оказывается внутри 3DGS-модели ЦТП в масштабе 1:1.

Технические ограничения. Размер файла 3DGS-модели не должен превышать 500 МБ для комфортной загрузки по сети, но при просмотре модели с внутренней памяти компьютера это ограничение снимается. Требуется стабильный доступ к URL. На компьютере пользователя должен быть установлен плеер, поддерживающий форматы: .splat, .ply или .glb.

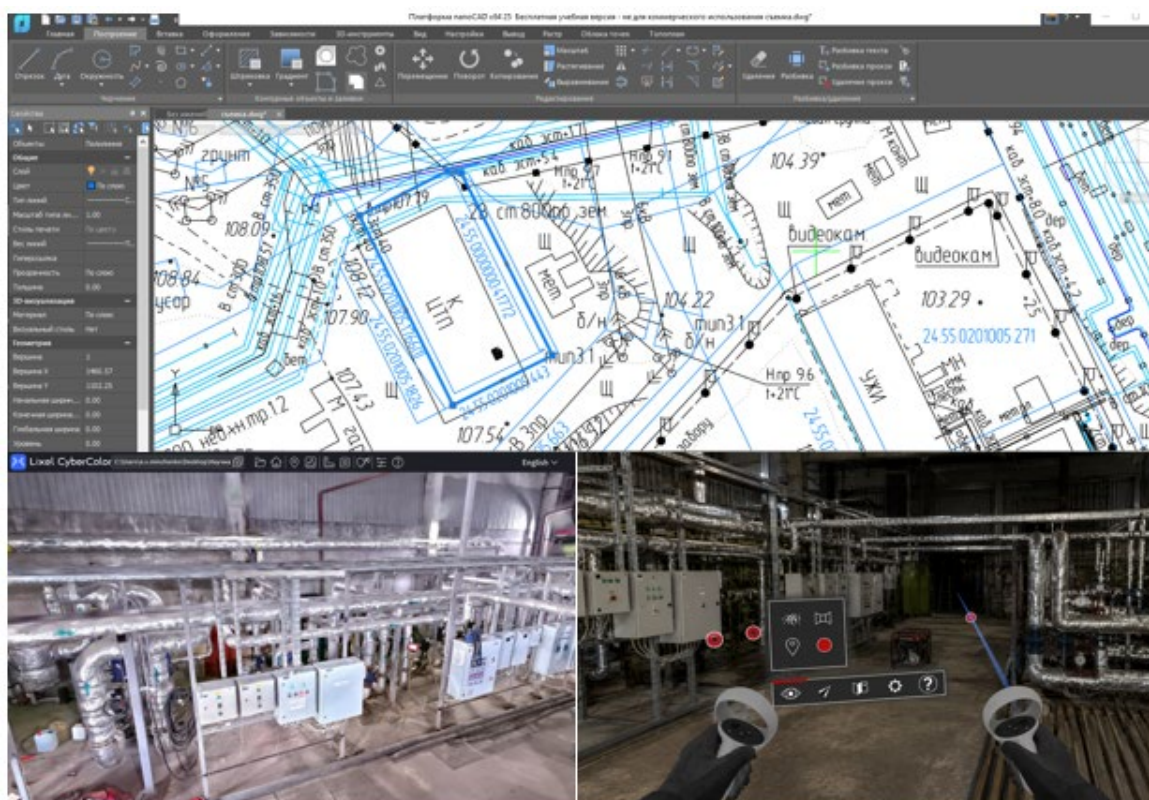


Рис. 3. Пример просмотра 3DGS-модели ЦТП через плеер и VR-шлем

Обсуждения

Гиперссылка позволяет сохранить лёгкость CAD-файла (встраивание 3D-модели сделало бы его непомерно большим). Кроме того, обновление 3DGS-

модели происходит независимо от топографического плана – достаточно заменить файл в облачном хранилище, либо в паке на компьютере.

Предложенная методика не заменяет классический топографический план, а дополняет его новым функционалом – быстрым визуальным доступом к трёхмерному состоянию объекта [6].

Плюсы методики:

- быстрая обработка и рендеринг в реальном времени;
- фотореалистичное воспроизведение;
- повышение безопасности (минимизация доступа работников в опасные зоны).

Недостатки:

- требуется большое количество изображений (100–300) [6];
- ограниченная поддержка динамических сцен;
- зависимость от условий освещения;
- требуется время для обучения оператора.

В отличие от гиперссылок на фото [7], предложенный метод использует 3DGS-модель, что дает эффект полного погружения.

Вывод

Разработанный метод гиперссылки позволяет оставить документооборот без изменений, но получить VR/AR-функционал для визуального контроля состояния оборудования ЦТП, включая полноценный просмотр через VR-шлем с эффектом присутствия. Метод апробирован на реальном объекте (центральный тепловой пункт). Практическая ценность метода заключается в возможности дистанционного осмотра коммуникаций, локализации дефектов, обучения персонала в виртуальной среде без остановки технологического процесса.

Перспективами дальнейших исследований являются автоматическая генерация гиперссылок по атрибутивным данным из ГИС, интеграция с системами обнаружения аномалий на основе ИИ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. - М.: Стандартинформ, 2017. - 112 с.
2. СП 126.13330.2017. Геодезические работы в строительстве. - М.: Стандартинформ, 2018. - 84 с.
3. Новоселов Д. Б. Совместное использование наземного лазерного сканера и технологий информационного моделирования при обеспечении строительства и эксплуатации гражданских и промышленных сооружений // Интерэкспо ГЕО Сибирь. XIV Междунар. науч. конгр., 17–19 мая 2023 г., Новосибирск : сб. материалов в 8 т. Т. 1 : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2023. – С. 112–118. DOI 10.33764/2618-981X-2023-1-1-112-118.

4. Kerbl B. 3D Gaussian Splatting for Real-Time Radiance Field Rendering / B. Kerbl, G. Kopanas, T. Leimkühler, G. Drettakis // ACM Transactions on Graphics. - 2023. - Vol. 42, No. 4. - P. 1–14.
5. Urban R. Accuracy Assessment of the GeoSLAM ZEB Horizon Handheld SLAM Scanner in Underground Environments / R. Urban, M. Štroner, P. Bláha // Journal of Applied Geodesy. - 2024. - Vol. 18, Iss. 2. - P. 211–223.
6. ГОСТ Р 51872-2019. Документация исполнительная геодезическая. Правила выполнения. - М.: Стандартиформ, 2019. - 38 с.
7. Минченко, Е. В. Структурирование топографической информации для целей информационного моделирования при инженерно-геодезических изысканиях / Е. В. Минченко, М. В. Мурзинцева // 11. Интерэкспо ГЕОСибирь. XIX Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сборник материалов в 8 т. – Новосибирск: СГУГиТ, 2024. Т. 1. – 87–93. – DOI 10.33764/2618-981X-2024-1-87-93.

© Е. В. Минченко 2026