

Научная статья

Original article

УДК 69



**ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ИХ
ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

**REMOTE SENSING TECHNOLOGIES AND THEIR APPLICATION IN
ASSESSING THE TECHNICAL CONDITION OF BUILDINGS AND
STRUCTURES**

Илья Валерьевич Соргутов, Доцент, Кафедра строительных технологий,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования Пермский государственный аграрно-технологический
университет им. Акад. Д.Н. Прянишникова

Ilya Valeryevich Sorgutov, Associate Professor, Department of Construction
Technologies, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
Perm State Agrarian and Technological University named after Academician D.N.
Pryanishnikov

Аннотация : В статье рассмотрены особенности технологий дистанционного зондирования и их применение при проведении оценки технического состояния зданий и сооружений. Автор отмечает, что такие признаки, как трещины и другие неровности сканируемой поверхности, являются индикаторами неудовлетворительного технического состояния зданий.

Эффективное обнаружение таких изменений с использованием неразрушающих методов дистанционного измерения является важной темой исследований, поскольку это может свести к минимуму риск строительных катастроф. Наземные лазерные сканеры помимо трехмерных пространственных координат регистрируют радиометрическую информацию о лазерных лучах, отраженных от сканируемых поверхностей.

Ключевым аспектом является то, что TLS может успешно применяться для обнаружения изменений поверхности стен, таких как трещины или полости, с использованием радиометрической информации. Ухудшение состояния стен зданий является общей проблемой. К первой группе зданий относятся старые и исторические здания, требующие периодических обследований технического состояния. Такие исследования необходимы для сохранения указанных зданий. Однако и другие типы зданий также требуют надзора, например, новостройки.

Развитие наземного лазерного сканирования и внедрение новейшего программного и аппаратного обеспечения открывает большие возможности для дальнейшего развития знаний в этой области. Аксессуары для лазерных сканеров, которые уже доступны на коммерческом рынке, представляют для авторов большой потенциал для расширения исследований.

Abstract: The article discusses the features of remote sensing technologies and their application in assessing the technical condition of buildings and structures. The author notes that signs such as cracks and other irregularities of the scanned surface are indicators of unsatisfactory technical condition of buildings.

Effective detection of such changes using non-destructive remote measurement methods is an important research topic, as it can minimize the risk of construction disasters. Ground-based laser scanners, in addition to three-dimensional spatial coordinates, register radiometric information about laser beams reflected from the scanned surfaces.

A key aspect is that TLS can be successfully applied to detect changes in the surface of walls, such as cracks or cavities, using radiometric information. Deterioration of the walls of buildings is a common problem. The first group of buildings includes old and historical buildings that require periodic inspections of technical condition. Such studies are necessary for the preservation of these buildings. However, other types of buildings also require supervision, for example, new buildings.

The development of ground-based laser scanning and the introduction of the latest software and hardware opens up great opportunities for further development of knowledge in this field. Accessories for laser scanners, which are already available on the commercial market, represent a great potential for the authors to expand their research.

Ключевые слова: технологии дистанционного зондирования, оценка технического состояния здания, неразрушающие методы контроля.

Keywords: remote sensing technologies, assessment of the technical condition of the building, non-destructive testing methods.

Наземное лазерное сканирование (TLS) — это технология дистанционного зондирования, используемая для получения высокой плотности физической поверхности сканируемых объектов для создания точных цифровых моделей. Результатом измерения TLS является набор данных, включающий вертикальный угол, горизонтальный угол, расстояние для каждой сканируемой точки и радиометрическую информацию о лазерном луче, отраженном от сканируемой поверхности, который является так называемым параметром интенсивности. Такой набор данных, называемый облаком точек, используется для построения 2D или 3D цифровых моделей [5].

Измерение TLS играет особую роль, когда тестируемый элемент недоступен напрямую и другие методы, такие как испытание молотком на

отскок и испытание скорости ультразвукового импульса, не могут быть применены. Неразрушающие технологии характеризуются, прежде всего, высокой точностью, быстротой и большими наборами данных. Он широко используется в качестве альтернативы методам фотограмметрии.

При использовании технологии TLS для обнаружения трещин необходимо учитывать следующие четыре основных вопроса: размер лазерного пятна, расходимость лазерного луча, краевой эффект, интенсивность лазерного луча и плотность облака точек.

Технология TLS используется с 1990-х годов и является популярным методом, применяемым в гражданском строительстве. Данный метод использовался во многих областях съемки, таких как 3D-моделирование (применим к таким объектам, как здания, сооружения, оползни, обнаружение деформаций туннелей, мониторинг мостов и дамб, анализ фасада, обнаружение изменений, включая влажность на поверхностях зданий, и мониторинг состояния стен зданий [5]).

Ключевым аспектом является то, что TLS может успешно применяться для обнаружения изменений поверхности стен, таких как трещины или полости, с использованием радиометрической информации.

Ухудшение состояния стен зданий является общей проблемой. К первой группе зданий относятся старые и исторические здания, требующие периодических обследований технического состояния. Такие исследования необходимы для сохранения указанных зданий. Однако и другие типы зданий также требуют надзора, например, новостройки.

Один из сценариев, когда в стене здания могут появиться полости или трещины, – это пристройка нового здания к существующему зданию. Негативное влияние могут оказать строительные и земляные работы на прилегающих территориях. В случае с новостройкой многие факторы могут вызвать появление трещин в стенах в начальный период ее существования [4].

Другие группы включают факторы, не зависящие от человека, такие как деревья в непосредственной близости от собственности, вибрации от землетрясений и оседание зданий (связанное со сдвигом и изменением почвы).

Трещины могут возникать во всех вышеперечисленных случаях, и могут потребоваться интервальные диагностические измерения. Трещина в стене не всегда должна быть проблемой. Иногда это только визуальная проблема [1].

Однако в других случаях трещины в стенах могут привести к серьезным последствиям для строительства, включая строительную катастрофу. Поэтому этой проблеме следует уделить должное внимание. Кроме того, важно определить, расширяются ли трещины со временем и в какой степени [3].

При оценке технического состояния зданий и сооружений могут использоваться различные дистанционные методы измерений.

Отдельные авторы представили фотограмметрический метод обнаружения трещин в бетонных конструкциях.

Другие авторы использовали инфракрасные изображения для обнаружения трещин в здании после землетрясения, а третьи – применили инфракрасную термографию для обнаружения дефектов в бетонных конструкциях [2].

Многими исследованиями установлено, что дефекты (трещины) в зданиях и сооружениях можно успешно выявлять по облаку точек, исходя из геометрии и интенсивности. Например, применение наземного лазерного сканирования при оценке технического состояния мостов, в частности при обнаружении трещин, было представлено во многих исследованиях. Авторы данных работ предложили следующее:

Международный журнал прикладных наук и технологий “Integral”

– реализовать основанный на TLS метод обнаружения трещин на бетонных поверхностях с использованием улучшенной обработки изображений, связанной со сжатием данных.

Для сжатия данных информационная модель формы на основе октодерева была построена с использованием данных лазерного сканирования;

– использовать фундаментальную математику для определения обнаруживаемой минимальной ширины трещины с помощью наземного лазерного сканера в кирпичной кладке. При этом, учитывалось ортогональное смещение, угол сканирования интервала, ориентацию трещины и глубину трещины. Математические расчеты были проверены лабораторными измерениями;

– реализовать технологию глубокого обучения как поддержку изображений дальности, полученных с помощью лазерного сканирования, в классификации трещин на дорогах и пр.

По результатам исследований авторы с применением указанных выше методов пришли к ряду выводов:

– эффективное обнаружение трещины диаметром 1 мм возможно по данным интенсивности, хотя и только на небольшом расстоянии (примерно до 10 м) и при малом угле падения (примерно до 20 град);

– для трещины 2 мм результаты сильно различаются – при угле падения ок. 0 гон геометрическая информация более ценна; под углом падения ок. 20 гон более ценна радиометрическая информация; при угле падения более 20 град ни один из этих данных не позволяет обнаружить трещину;

– для трещин диаметром 4 мм и шире до угла падения 40 град геометрическая информация более ценна, чем радиометрическая;

– для трещин диаметром 4 мм и более с углом падения более 40 град радиометрическая информация более ценна, чем геометрическая;

– при большом угле падения (около 80 град) доступна только радиометрическая информация;

– наилучшие результаты по достоверности ширины трещины получены на расстоянии до 5 м, а ширина трещины в целом завышена

Развитие наземного лазерного сканирования и внедрение новейшего программного и аппаратного обеспечения открывает большие возможности для дальнейшего развития знаний в этой области.

Аксессуары для лазерных сканеров, которые уже доступны на коммерческом рынке, представляют для авторов большой потенциал для расширения исследований. Одним из них является тепловизионная камера, которая улавливает отраженное излучение от существующих источников энергии, таких как солнце. По мнению авторов, объединение информации с TLS и с тепловизионной камеры может улучшить оценку технического состояния зданий. Более того, должны представлять интерес результаты, которые можно было бы получить, используя другой сканер, например, TOF-сканер с другим лазерным пятном на выходе.

Список литературы

1. Епринцев С.А., Клепиков О.В., Шекоян С.В. Дистанционное зондирование земли как способ оценки качества окружающей среды урбанизированных территорий // ЗНиСО. 2020. №4 (325).
2. Расулова Н.А. Экологический мониторинг объектов рекреационной прибрежной зоны на базе ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования // АЭЭ. 2012. №11.
3. A. Pesci, G. Teza, E. Bonali Terrestrial laser scanner resolution: numerical simulations and experiments on spatial sampling optimization Remote Sens., 3 (2011), pp. 167-184
4. R. Nowak, R. Orłowicz, R. Rutkowski Use of TLS (LiDAR) for building diagnostics with the example of a historic building in Karlino Buildings., 10 (2020)

5. H. Lõhmus, A. Ellmann, S. Märdla, S. Idnurm Terrestrial laser scanning for the monitoring of bridge load tests—two case studies *Surv. Rev.* (2018)

List of literature

1. The Eprintsev S. A., Klepikov, O. V., S. V. Shekoyan Remote sensing as a way to assess the environmental quality of the urbanized territories // *Snide.* 2020. No. 4 (325).
2. Rasulov N. And. Environmental monitoring of recreational coastal area based on GIS technology and remote sensing data // *AEE.* 2012. No. 11.
3. And. Write, G. Teza, E. Bonelli Resolution terrestrial laser scanner: numerical simulations and experiments on optimization of spatial sampling *Remote Sensor.*, 3 (2011), pp. 167-184
4. R. Novak, R. Orlovich, R. Rutkowski TLS (LiDAR) for the diagnosis of buildings on the example of a historic building in Carlino's, er., 10 (2020)
5. X. Lohmus, A. Ellmann, S. Merdle, S. Idnurm Terrestrial laser scanning for monitoring the load test of the bridge – two case studies review (2018)

© *И.В. Соргутов, 2021 Международный журнал прикладных науки и технологий "Integral" №1/2022.*

Для цитирования: И.В. Соргутов Технологии дистанционного зондирования и их применение при проведении оценки технического состояния зданий и сооружений// Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №1/2022