

Применение лазерного сканирования и 3D-моделей в жизненном цикле автомобильных дорог

Мотуз В.О., и.о. руководителя КГКУ «Алтайавтодор» (г. Барнаул)
Сарычев Д.С., директор по развитию ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Рассматривается вопрос применения мобильного лазерного сканирования на различных этапах жизненного цикла автомобильных дорог. Рассматриваются предпосылки применения материалов лазерного сканирования для формирования трёхмерных моделей автомобильных дорог, используемых при проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог.

Введение

В настоящее время тематика применения мобильного лазерного сканирования в дорожной отрасли переживает бурное развитие. Преимущества технологии, позволяющие производить изыскания с высочайшей скоростью, позволяют задуматься о методологии применения материалов лазерного сканирования на разных этапах в течение всего жизненного цикла автомобильных дорог [1–3].

Министерство транспорта Российской Федерации разрабатывает концепцию применения трёхмерного моделирования в течение жизненного цикла автомобильных дорог. Естественным следствием представляется выработка места и роли лазерного сканирования в данном процессе.

Моделирование автомобильных дорог в течение жизненного цикла

В соответствии с разрабатываемой Минтрансом концепцией 3D-модель должна проходить сквозь все этапы жизненного цикла автомобильной дороги, дополняясь и уточняясь новыми данными.

На рисунке 1 представлены этапы жизненного цикла, процессы в рамках этапов и фазы развития 3D-модели. Рассмотрим эти фазы.

«А». Первичная модель, применяемая на этапах территориального планирования и проекта планировки. Обычно представляет собой ЦММ картографического класса; для проекта планировки

используется более подробная ЦММ, полученная по топографическим планам местности.

«В». Проектная модель. Основная модель, возникающая на этапах проектирования как модель нового объекта дорожной инфраструктуры. По мере выполнения проектно-изыскательских работ происходит её детализация.

«С». Строительная модель. Специальная модель, получаемая на основе проектной, и специфичная для управления строительной техникой.

«D». Эксплуатационная модель. Модель, которая получается в результате исполнительной съёмки и контроля реализации проектной модели при строительном контроле. Модель отражает реальное состояние нового (или существующего) объекта дорожной инфраструктуры и применяется во всех процессах этапа эксплуатации; при этом происходит её постоянная актуализация (в основном в ходе мониторинга состояния и ведения баз дорожных данных).

В таблице 1 приводятся основные направления применения 3D-моделей автомобильных дорог в процессах этапов жизненного цикла.

Лазерное сканирование в 3D-моделировании автомобильных дорог

Первым вопросом по применению данной концепции является формирование и обновление трёхмерных моделей автомобильных дорог. В данном случае технология мобильного лазерного

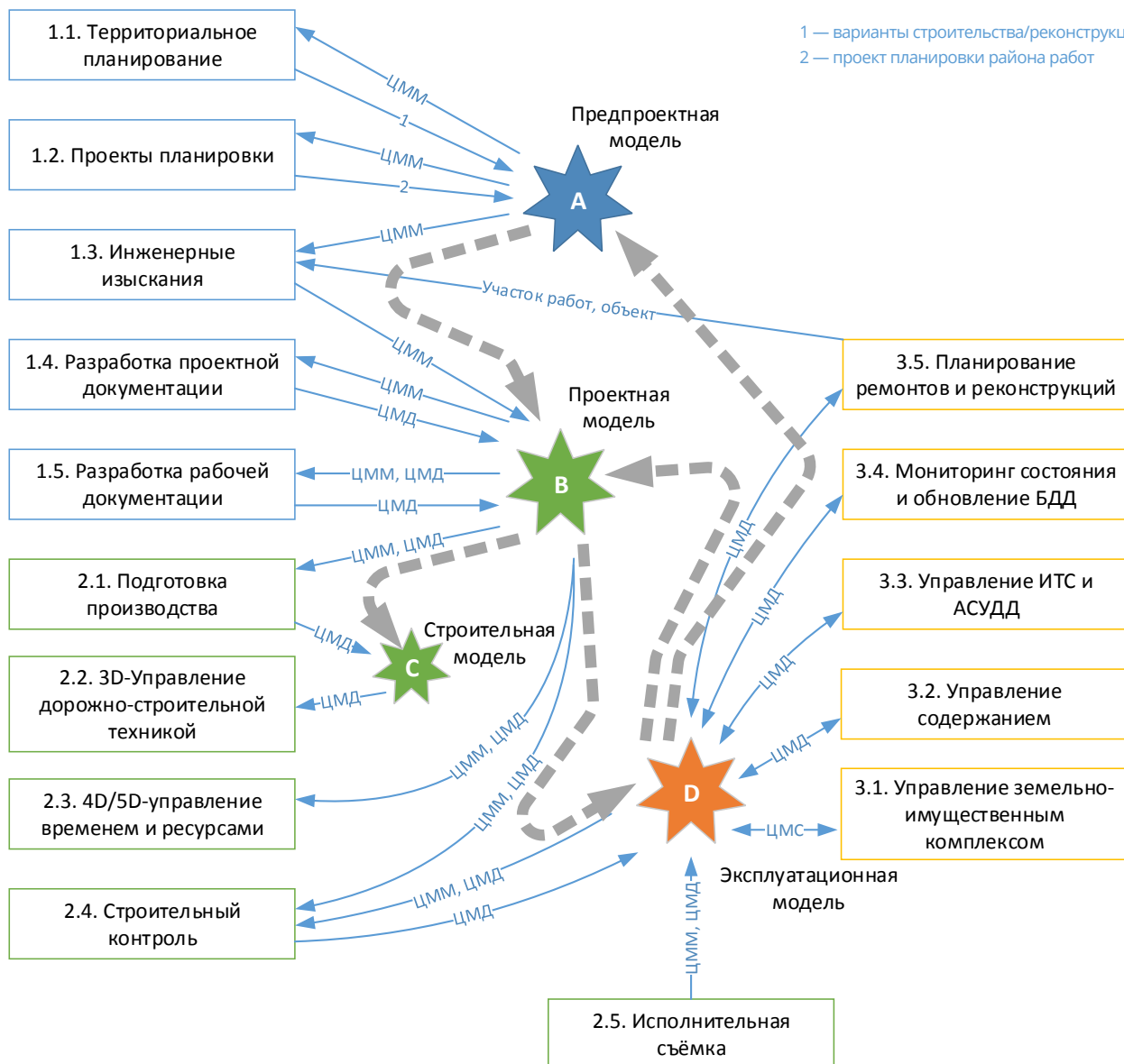


Рис. 1. Фазы развития 3D-модели автомобильных дорог на этапах жизненного цикла

сканирования открывает широкие возможности в этом направлении.

Однако следует учитывать, что в «чистом виде» мобильное лазерное сканирование производит всего лишь облака трёхмерных точек, требующих дальнейшей обработки для получения (или обновления) 3D-моделей автомобильных дорог, пригодных для дальнейшего применения в рамках разрабатываемой концепции.

В таблице 2 приведён перечень работ на этапах жизненного цикла автомобильных дорог, в ходе которых создаются или обновляются 3D-модели объектов дорожной инфраструктуры.

Показано, в каких случаях применение лазерного сканирования является целесообразным.

Лазерное сканирование при инженерных изысканиях

Инженерные изыскания для проектирования строительства и реконструкции методом мобильного лазерного сканирования особенно эффективны для реконструкции на открытой местности. Это связано с тем, что в этом случае выполнение как полевых работ, так и последующая обработка данных для получения

исходной модели для существующей дороги наиболее эффективны. При новом строительстве зачастую затруднён проезд лазерного сканера по интересующей местности. В закрытой местности существенно ухудшаются условия приёма сигналов ГЛОНАСС/GPS, что негативно сказывается на точности.

Результатом лазерного сканирования для проектов строительства и реконструкции должны становиться не просто облака точек, а исходная 3D-модель местности в виде ЦМР (триангуляционной) и модели существующей дороги в виде трёхмерных структурных линий.

Таблица 1. Применение 3D-моделей в жизненном цикле

Процесс	Описание применения
1. Проектирование	
1.1. Территориальное планирование	Использование существующих мелкомасштабных моделей местности, 3D-моделей городской застройки и инженерной инфраструктуры для повышения качества и обоснованности решений по территориальному планированию.
1.2. Разработка проектов планировки	Использование существующих моделей местности, 3D-моделей городской застройки и инженерной инфраструктуры для повышения качества и обоснованности проектов планировки.
1.3. Инженерные изыскания	Создание исходных детальных 3D-моделей местности и существующей инженерной инфраструктуры.
1.4. Разработка проектной документации	Использование существующих детальных 3D-моделей местности и существующей инженерной инфраструктуры. Создание проектных решений в виде 3D-моделей объектов дорожной инфраструктуры (ОДИ).
1.5. Разработка рабочей документации	Использование всей совокупности 3D-моделей (исходных и вновь создаваемых) для автоматизированного формирования рабочей документации.
2. Строительство	
2.1. Подготовка производства	Использование существующих моделей и проектных решений для проектирования организации строительства.
2.2. Управление дорожно-строительной техникой	Использование существующих моделей и проектных решений для автоматизированного создания рабочих поверхностей, применяемых в системах 3D-управления дорожно-строительной техникой.
2.3. Управление временем и ресурсами	Назначение элементам проектных моделей ресурсных и временных параметров и контроль их использования.
2.4. Строительный контроль	Контроль соответствия геометрических и конструкционных параметров автомобильных дорог их трёхмерной модели.
2.5. Исполнительная съёмка	Создание детальных 3D-моделей автомобильных дорог, прилегающей местности и инженерной инфраструктуры по результатам строительства (реконструкции, ремонта).
3. Эксплуатация	
3.1. Управление земельно-имущественным комплексом	Ведение кадастра (в том числе 3D-кадастра) объектов недвижимости.
3.2. Управление содержанием	Планирование и назначение работ по содержанию на основании состава 3D-моделей объектов дорожной инфраструктуры и информации об их состоянии.
3.3. Управление ИТС и АСУДД	Применение 3D-моделей автомобильных дорог в центрах управления производством для визуализации и контроля работы технологического транспорта.
3.4. Мониторинг состояния и обновление БДД	Актуализация 3D-моделей автомобильных дорог по результатам периодической диагностики (в том числе с применением лазерного сканирования, а также по данным от систем контроля деформаций и смещений, основанных на применении спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS), и обновление банков дорожных данных (БДД), содержащих 3D-модели.
3.5. Планирование ремонтов и реконструкций	Анализ состояния автомобильных дорог как с применением традиционных методов, так и с применением оценок на основе анализа 3D-моделей и их изменения с течением времени.

Таблица 2. Этапы, на которых создаются или обновляются 3D-модели с помощью лазерного сканирования

Наименование процесса жизненного цикла	Задача	Технология	Исходные данные	Результат
1.3. Инженерные изыскания	Получение детальной ЦММ	Лазерное сканирование; САПР	Проект планировки	ЦММ
2.4. Строительный контроль	Контроль соответствия строительно-монтажных работ проекту	Лазерное сканирование	Цифровая модель дороги (ЦМД)	ЦМД
2.5. Исполнительная съёмка	Получение фактической ЦММ и ЦМД	Лазерное сканирование	Объект строительства	ЦММ, ЦМД
3.2. Управление содержанием	Управление процессом содержания ОДИ	ГИС; Лазерное сканирование	ЦМД; системы мониторинга дорожной техники	ЦМД; содержание ОДИ
3.4. Мониторинг состояния и обновление БДД	Поддержка актуальной информации об ОДИ	ГИС; Лазерное сканирование	Системы мониторинга; диагностика; обследования	ЦМД

При проектировании ремонтов лазерное сканирование должно выполняться особо тщательно, с обязательной опорой на контрольные точки. При этом достигается абсолютная точность не хуже 1 см по высоте, что в совокупности с высокой плотностью измерений на верхе земляного полотна позволяет кардинально повысить точность определения объёмов новых слоёв ремонта и фрезерования.

Лазерное сканирование при строительном контроле

Вопрос применимости технологии лазерного сканирования для строительного контроля остаётся открытым. На текущий момент не существует нормативно-правовой базы для применения лазерного сканирования в строительном контроле. Возможен вариант тотальной съёмки объектов строительства лазерным сканером (которая позволит оперативно и дёшево получить достоверную, но не имеющую правового статуса «карту» соответствия выполненным работ), и в дальнейшем на выявленных некачественных участках проведение стандартной процедуры строительного контроля, уже имеющей правовой статус.

Лазерное сканирование при исполнительной съёмке

Использование лазерного сканирования при исполнительной съёмке показывает высокую эффективность, так же как и лазерное сканирование при инженерных изысканиях для реконструкции на существующих дорогах. В то же время в результате такой исполнительной съёмки должна получаться 3D-модель автомобильной дороги, которая содержит и элементы проектных изысканий (ЦММ, структурные линии дороги), и все элементы инженерного обустройства (что характерно для этапа лазерного сканирования при обновлении баз дорожных данных и паспортизации).

Лазерное сканирование при управлении содержанием

Периодическое лазерное сканирование при управлении содержанием может дать хороший эффект для контроля исполнения текущих ремонтов, планирования и контроля выполнения шероховатой поверхностной обработки.

Как и для проектирования ремонтов, плюсы здесь — высокая эффективность, точность объёмов, сравнение поверхностей до и после ремонта. Существенной оговоркой контрольной функции лазерного сканирования при оценке объёмов (как и в строительном контроле) — то, что лазерное сканирование де-юре здесь не истина в последней инстанции, но при сплошной съёмке эффективно выявляет места с нарушениями объёмов работ, которые можно затем «точно» зафиксировать в установленном порядке.

Лазерное сканирование при паспортизации

Под съёмкой для паспортизации мы понимаем особый вид съёмки, который не требует высочайшей абсолютной точности, но требует охвата всех элементов дороги и придорожной полосы. Материалы такой съёмки могут применяться как собственно для паспортизации, так и для инвентаризации имущественного комплекса, и для проектирования организации дорожного движения.

При обновлении баз дорожных данных (паспортизации) необходимо также выполнять панорамную видеосъёмку, применение которой при оцифровке материалов существенно повысит их семантическую информативность. Результатом работ должна становиться информационная 3D-модель автомобильной дороги, пригодная для включения её в ГИС автомобильных дорог или инфраструктуру дорожных данных. ■

Литература:

1. Бойков В.Н. САПР автодорог — перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 6–9.
2. Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 1–7.
3. Скворцов А.В. BIM для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим уже занимаемся? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 8–11.