

Программно-алгоритмическое обеспечение для оценки влияния прилегающих территорий и чрезвычайных ситуаций при проектировании и эксплуатации железнодорожного пути на базе ГИС

Е. Н. Жданова¹, А. А. Минина²

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет

«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

¹jd4n4ik91@mail.ru, ²aaminina@etu.ru

Аннотация. Обосновывается необходимость разработки программно-алгоритмического обеспечения на базе геоинформационных систем для мониторинга железнодорожного пути и прилегающих территорий. Сформирована обобщенная оценка представления состояния железнодорожного пути и прилегающей территории. Описывается реализация стационарных, бортовых и центральной информационно-измерительных систем для формирования информации, предупреждающей о предаварийном и аварийном состоянии пути и технических сооружений. Описывается формирование базы данных дефектов линейного участка железной дороги. Рассмотрено деление территории на геотаксоны. Описывается кортеж параметров для оценки рисков.

Ключевые слова: безопасность движения; железнодорожное полотно; геоинформационная система; проектирование; информационно-измерительная система; дефекты; геотаксон; риск; оценка

I. ВВЕДЕНИЕ

Значительная часть перевозок в России приходится на железную дорогу. Такие перевозки могут включать в себя опасные грузы, именно поэтому катастрофы на железной дороге имеют очень серьезные последствия.

Согласно программе стратегического развития железнодорожного транспорта на период до 2030 года предусмотрена его коренная модернизация на основе прорывных инновационных технологий, информационных технологий, решения вопросов комплексной безопасности [1].

Обеспечение безопасности движения железнодорожного транспорта непосредственным

образом связано с диагностированием текущего состояния элементов железнодорожного пути и прилегающей территории.

Разрабатываемое программно-алгоритмическое обеспечение для оценки влияния прилегающих территорий и чрезвычайных ситуаций при проектировании и эксплуатации железнодорожного пути на базе ГИС (далее – проект) предназначено для мониторинга железнодорожного пути и прилегающих территорий, анализа состояния и подготовки информационной основы для принятия решений.

Проект представляет совокупность стационарных, бортовых и центральной информационно-измерительных систем (ИИС), строится на базе географической информационной системы (ГИС) и обеспечивают сбор, обработку и представление информации по участкам железной дороги и прилегающей территории.

Проект обеспечивает обмен данными между всеми подсистемами с целью формирования информации, предупреждающей о предаварийном и аварийном состоянии пути и технических сооружений. Это позволяет решать следующие задачи:

- сбор в реальном времени измерительной информации от бортовой ИИС;
- анализ текущего состояния железнодорожного полотна, сравнения характеристик с нормативными данными и данными предыдущего контроля;
- анализ информации о состоянии ЖДП по полученным данным;
- передачу информации на центральный пункт, в центральную подсистему (ЦП) для принятия решений.

Работа выполнена при финансовой поддержки Гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации НШ-4165.2018.8.

Использование геоинформационной технологии позволяет проводить пространственный анализ по поступающей оперативной информации в реальном времени, использовать статистические данные всех проездов, автоматически выявлять и отмечать критические места, отображать состояние путей на карте, отображать и анализировать состояние прилегающей территории, моделировать ЧС в реальном времени с учётом параметров окружающей среды (температура воздуха, скорость и направление ветра, осадки), что позволяет быстро принимать решения и оперативно реагировать на нештатные ситуации [2].

II. ФОРМИРОВАНИЕ ОЦЕНОК СОСТОЯНИЯ ЖД-ПУТИ И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ

Для формирования обобщенной оценки представления состояния железнодорожного пути и прилегающей территории необходимо учитывать следующие виды оценок:

- оценки состояния железнодорожного полотна – О1;
- оценка состояния прилегающей территории – О2;
- оценка подверженности риску возникновения ЧС природного и техногенного характера – О3;
- оценка влияния железнодорожного пути на прилегающую территорию – О4.

На безопасность движения влияет, в первую очередь, наличие дефектов рельсового пути и отступлений геометрических параметров от установленных нормативов. Для обеспечения безопасности железнодорожных перевозок необходимо не только своевременно выявлять неисправности рельсового пути, но и оценивать тенденцию их развития. Поэтому необходимо рассматривать оценку состояния железнодорожного полотна (О1).

Для оценки влияния на железную дорогу внешних и внутренних факторов рассматриваемый участок обращения локомотива разбивается на подучастки, на протяжении которых скорость движения локомотива имеет строго фиксированное значение. На данном участке создается модель железной дороги. Каждый подучасток модели имеет свой идентификационный номер, привязка к которому позволяет оценить влияние внешних факторов на безопасность движения локомотива.

Стоит учитывать, что ряд объектов не располагаются непосредственно на железной дороге, а находится в отдалении от неё. В непосредственной близости от ЖД располагается «зона отчуждения», ее размер определяется согласно [3]. Сразу после «зоны отчуждения» следует «анализируемая зона», размером 3 км.

Источником постоянно обновляемой информации является бортовая ИИС, которая, располагаясь на борту локомотива, является основой системы мониторинга состояния железнодорожного пути. Она получает контрольно-измерительные данные в реальном времени,

обеспечивает ее накопление, анализ, передачу и архивирование.

БП обеспечивает слежение и проверку соответствия данных, поступающих от бортовой ИИС, и участка маршрута, на котором находится локомотива в текущий момент:

- корректировку местоположения событий рельсового пути (стыков и дефектов) по линейной координате;
- проверку на наличие события в опорной модели (загруженной в начале маршрута) по линейной координате;
- проверку на изменение дефекта (при наличии его в опорной модели),
- передачу событий, имеющих отличия от опорной, на СП.

Все изменения, полученные от БП, передаются через канал связи в СП.

Стационарная подсистема обеспечивает решение следующих задач:

- формирование и работа с моделью линейных участков (ЛУ) ЖДП в зоне ответственности: контроль состояния ЛУ контактными методами, оценка степени воздействия на ЛУ прилегающих коммуникаций и производств;
- обмен по радиоканалу с бортовой ГИС ЖД, размещенной на локомотиве;
- анализ данных на достоверность и занесение в протокол или модель ЛУ ЖД;
- архивирование;
- обмен с центральным постом;
- оценка состояния ЛУ с целью формирования карты скоростного режима.

Основной задачей СП является выполнять формирование и работа с моделью ЛУ ЖДП в зоне ее ответственности.

Стационарные подсистемы обмениваются данными с ЦП. Все данные хранятся в ЦП. ЦП является основным хранилищем данных. В ней хранится как эталонная информация, так и все корректировки, которые вносятся в результате анализа, проводимого в СП.

Данные, поступающие от измерительной системы, формируют базу параметров (дефектов), которая позволяет обращаться как к информации, полученной после текущего проезда, так и к ранее полученным результатам контроля состояния пути. В зависимости от степени и количества обнаруженных отступлений от установленных в нормативно-технической документации рассматриваемому участку ЖД дается балловая оценка его состояния по каждому из показателей.

Размеры отступлений от норм, правила содержания пути и обнаруженные дефекты сопоставляются с допустимыми размерами и установленными

требованиями, предъявляемыми к обеспечению безопасности движения поездов в зависимости от установленных скоростей [4]. Результатом этого является присвоение отрезку пути I, II, III, IV или V степени влияния. В зависимости от этого выносятся рекомендации о частичном или полном ремонте ЖД пути, снижении скорости движения ЖД состава или закрытии пути как аварийно-опасного. Кроме того, учитываются срок эксплуатации и материалы.

В ходе реализации проекта по оценке влияния прилегающей территории на состояние железной дороги и технических сооружений (О2), рассматриваемая территория будет разделена на так называемые «геотаксоны». Геотаксон – определённая площадь земной поверхности с описанием ландшафтно-географической, техногенной и других ситуаций, на которой задаётся перечень и характеристики природных и техногенных рисков [5].

В соответствии с [6] для анализа были выделены следующие группы геотаксонов: зеленые насаждения, водопользование, ландшафт, функциональные зоны, магистральный трубопроводный транспорт, электроэнергетика. Каждая из групп характеризуется множеством параметров, которое описывает именованную группу. Все группы геотаксонов можно объединить в универсальный масштабируемый кортеж, который строится для всех типов геотаксонов и может быть применен в других сферах.

Для определения влияния каждого геотаксона будет проводиться ранжирование и каждому параметру присваиваться ранг. Ранжирование проводится в порядке убывания степени опасности. Для полной оценки геотаксона будет рассчитываться суммарный ранг. Чем выше ранг, тем больше степень опасности данного геотаксона.

При формировании оценки ОЗ помимо расчёта риска возникновения чрезвычайной ситуации будут рассматриваться ситуации, когда наступило само ЧС. Это будет происходить на примере лесного пожара, взрыва ТВС и расчета загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Для оценки влияния природных факторов и техногенных объектов на железную дорогу по поступившим в базу данным предлагается относить все объекты и факторы, оказывающие влияние на железную дорогу, к одной из четырех категорий опасности:

- 1 категория: умеренно опасный;
- 2 категория: опасный;
- 3 категория: весьма опасный;
- 4 категория: чрезвычайно опасный (катастрофический).

Для этого прибегают к экспертным оценкам, которые основаны на априорных знаниях о рассматриваемых факторах. Далее проводится оценка влияния природных

факторов и техногенных объектов на безопасность движения для каждого подучастка.

В качестве примера рассмотрим техногенные объекты (предприятия и заводы), расположенные вблизи ЖД. Их влияние можно оценить на основе множества параметров, которые являются исходными данными для построения моделей железнодорожных сооружений и полотна, а также окружающих природных факторов и техногенных объектов:

$$ES_{ind}=\{S, K, U, Q, O, d, t, r\}, \quad (1)$$

где S – точечный или линейный объект; K – класс опасности предприятия; U – количество опасных веществ, находящихся на предприятии; Q – класс опасности вредного вещества; O – область воздействия; d – удалённость от ЖД; t – температурные параметры (скорость и направление ветра, температура окружающей среды, осадки); r – подверженность риску возникновения чрезвычайной ситуации.

В выражении (1) представлен минимальный состав данных, который необходим для реализации системы. Количество данных может быть расширено, что может способствовать уточнению получаемых результатов. Полный список экспертной оценки формирует эксперт (специалист) занимающийся данной проблемой.

На основе анализа множества параметров, представленных в (1), каждому предприятию и заводу присваивается показатель воздействия на железную дорогу. В силу того, что влияние предприятия распространяется на некотором расстоянии, вокруг каждого из них строятся «зоны влияния», с учётом скорости и направления ветра.

Зона наименьшего радиуса считается самой опасной и имеет максимальный показатель воздействия, устанавливаемый экспертами. Следующая по радиусу зона менее опасна, но, в зависимости от вида предприятия, может быть значимой при оценке. Третья зона – самого большого радиуса – считается практически безопасной. Ее необходимо вводить и учитывать при анализе влияния разного рода химических, нефтеперерабатывающих, а также атомных предприятий.

Оценка влияния природных факторов (воздействие стихии), на состояние рельсового пути осуществляется по четырехбалльной шкале в результате учета уровня их опасности и удаленности от железнодорожного полотна. Состав множества параметров для природных факторов на примере ЧС, которые могут иметь место в районе рассматриваемого подучастка ЖД, представлен в следующем виде:

$$ES_{nat}=\{N, R, f, d, t, r\}, \quad (2)$$

где N – вид ЧС; R – протяженность ЧС; f – частота появления ЧС в данном районе (по статистическим

данным); d – удалённость от ЖД; t – температурные параметры (скорость и направление ветра, температура окружающей среды, осадки); g – подверженность риску возникновения чрезвычайной ситуации.

По множеству параметров, представленным в (2) каждому природному фактору присваивается показатель воздействия на железную дорогу.

И последняя оценка О4 направлена на оценку влияния железнодорожного транспорта на прилегающие территории. Она формируется с учетом месторасположения железной дороги, наличия дефектов, а также риска возникновения ЧС на ЖД-пути.

При проектировании и эксплуатации железнодорожного пути оценка О4 будет учитываться в первую очередь для поиска путей согласования технических решений с природными факторами и возможными ЧС, возникающими на ЖД-путях. Необходимо, чтобы строительство и эксплуатация ЖД-путей не ухудшало качество окружающей среды и приносило минимальный вред прилегающим территориям.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для формирования оценок состояния на базе ГИС будут созданы модели, реализующие алгоритмы обработки данных, и позволяющие в автоматическом режиме формировать итоговую оценку влияния дефектов ЖД полотна, техногенных объектов и природных факторов в зоне каждого подучастка ЖД.

Информация будет визуализироваться на карте и может быть предоставлена лицу, принимающему решения с целью выработки управляющих рекомендаций.

Результаты, полученные при выполнении проекта, могут быть использованы для создания автоматизированных систем контроля, комплексной безопасности на железнодорожном транспорте на районном или региональном уровне, для выработки стратегий управления и развития, а также для управления другими транспортными системами.

Реализованное программно-алгоритмическое обеспечение системы, позволит систематизировать и визуализировать обработанную информацию.

Разработанная система оценки влияния на железную дорогу внешних факторов на базе ГИС обеспечивает:

- сбор и обработку информации по природным факторам, техногенным объектам от измерительной системы;
- анализ данных с использованием заложенных алгоритмов обработки;
- оценку влияния дефектов ЖД полотна на безопасность движения;
- оценку влияния техногенных (фабрики и заводы) объектов и природных (воздействие стихии) факторов на безопасность движения;
- отображение результатов анализа по требуемым запросам к БД на карте;
- предоставление оперативной информации лицу, принимающему решения.

Также проект позволяет провести оценку влияния железнодорожного пути и возможных ЧС на ЖД-переезде на прилегающие территории.

Технико-экономический эффект внедрения результатов количественно оценить довольно сложно, так как проект направлен на предотвращение возможных аварий железнодорожного транспорта, однако очевидно, что развитие разработанных концепций и их практических приложений позволит значительно понизить статистические показатели аварийности на железной дороге.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Распоряжение № 877-р от 17.06.2008. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года. Москва, 2008. 84 с.
- [2] Алексеев В.В., Орлова Н.В., Минина А.А. ГИС мониторинга транспортных сетей // ArcReview. 2014. № 2 (69).
- [3] Об утверждении норм отвода земельных участков, необходимых для формирования полосы отвода железных дорог, а также норм расчета охранных зон железных дорог: федер. закон Рос. Федерации от 6 августа 2008 г. № 126: утвердил И.Е. Левитин. Зарег. Мин. юст. Рос. Федерации 2 сентября 2008 г. №12203.
- [4] Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tdesant.ru/info/item/6>.
- [5] Марченко П.Е. Геоинформационные модели и методы интегральной оценки природно-техногенной опасности территориальных систем: Автореф. дис. ... док. техн. наук / Институт информатики и проблем регионального управления Кабардино-Балкарского научного центра РАН. Нальчик, 2010. 39 с.
- [6] Приказ № 19 от 30.01.2012. Об утверждении требований к описанию и отображению в документах территориального планирования объектов федерального значения, объектов регионального значения, объектов местного значения. Москва, 2012. 150 с.