

Алгоритмическое и программное обеспечение информационно-измерительной системы для оценки влияния прилегающих территорий на железную дорогу

Е. Н. Жданова¹, А. А. Минина²

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

¹enzhdanova@etu.ru, ²aaminina@etu.ru

Аннотация. Приводится информационная структура информационно-измерительной системы для оценки влияния прилегающих территорий. Приводится алгоритм оценки коэффициента интенсивности влияния и его пошаговое описание в зависимости от местоположения и вида геотаксона, оказывающего влияние на участок железной дороги. Расчет данного коэффициента необходим для формирования информации о предаварийном и аварийном состоянии участка работы железнодорожного пути.

Ключевые слова: безопасность движения; железная дорога; геоинформационная система; информационно-измерительная система; геотаксон; коэффициент интенсивности влияния

I. ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день как в России, так и во всём мире в целом актуальной проблемой является повышение уровня экологической и транспортной безопасности на железной дороге и прилегающих территориях.

В данной работе приведена часть реализации алгоритмического обеспечения информационно-измерительной системы для мониторинга прилегающих территорий и железнодорожного пути на базе геоинформационных технологий. Сама система предназначена для обеспечения безопасности транспортной системы, которая непосредственным образом связана с диагностированием текущего состояния элементов железнодорожного пути и прилегающей территории.

Благодаря данной системе появляется возможность:

- получения достоверных результатов диагностики текущего состояния железной дороги и прилегающей территории и прогнозирование возможных чрезвычайных ситуаций при

проектировании и эксплуатации железнодорожного пути;

- обработки больших объёмов разнородных данных и визуализации их на карте, а также предоставления оперативной информации лицу, принимающему решения;
- своевременной выдачи рекомендаций по скоростному режиму на контролируемом участке железнодорожного пути;
- выдачи рекомендаций ремонтным службам о дате предстоящего ремонта контролируемого участка.

Информационно-измерительная система (ИИС) состоит из бортовой подсистемы (БП), установленной на самом локомотиве, центральной подсистемы (ЦП), которая отвечает за формирование опорной модели (база данных линейного участка железной дороги, которая является эталонной и на которой отмечены все дефекты и события по ходу участка железной дороги) и хранения базы данных по участкам обращения локомотива, а также прилегающих территорий и стационарной подсистемы (СП), на которой формируются оценки состояния.

С опорной моделью сравниваются все проезды для дальнейшего анализа полученных данных и выработки рекомендаций по возможному ремонту определённого участка железной дороги, а также изменения скоростного режима.

На рис. 1 приведена информационная структура системы.

В связи с тем, что большой объём разнородных данных необходимо обобщить и упорядочить, а также дать представление о группе объектов, которые могут обладать как общими характеристиками, присущими данной группе, так и некоторыми индивидуальными чертами, позволяющими отличать их от других объектов, в работе производится классификация прилегающей территории на основе множества информативных параметров.

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

объект. Зависит от степени влияния геотаксона и от функционального состояния железнодорожного пути.

На рис. 3 представлен алгоритм оценки коэффициента интенсивности влияния.

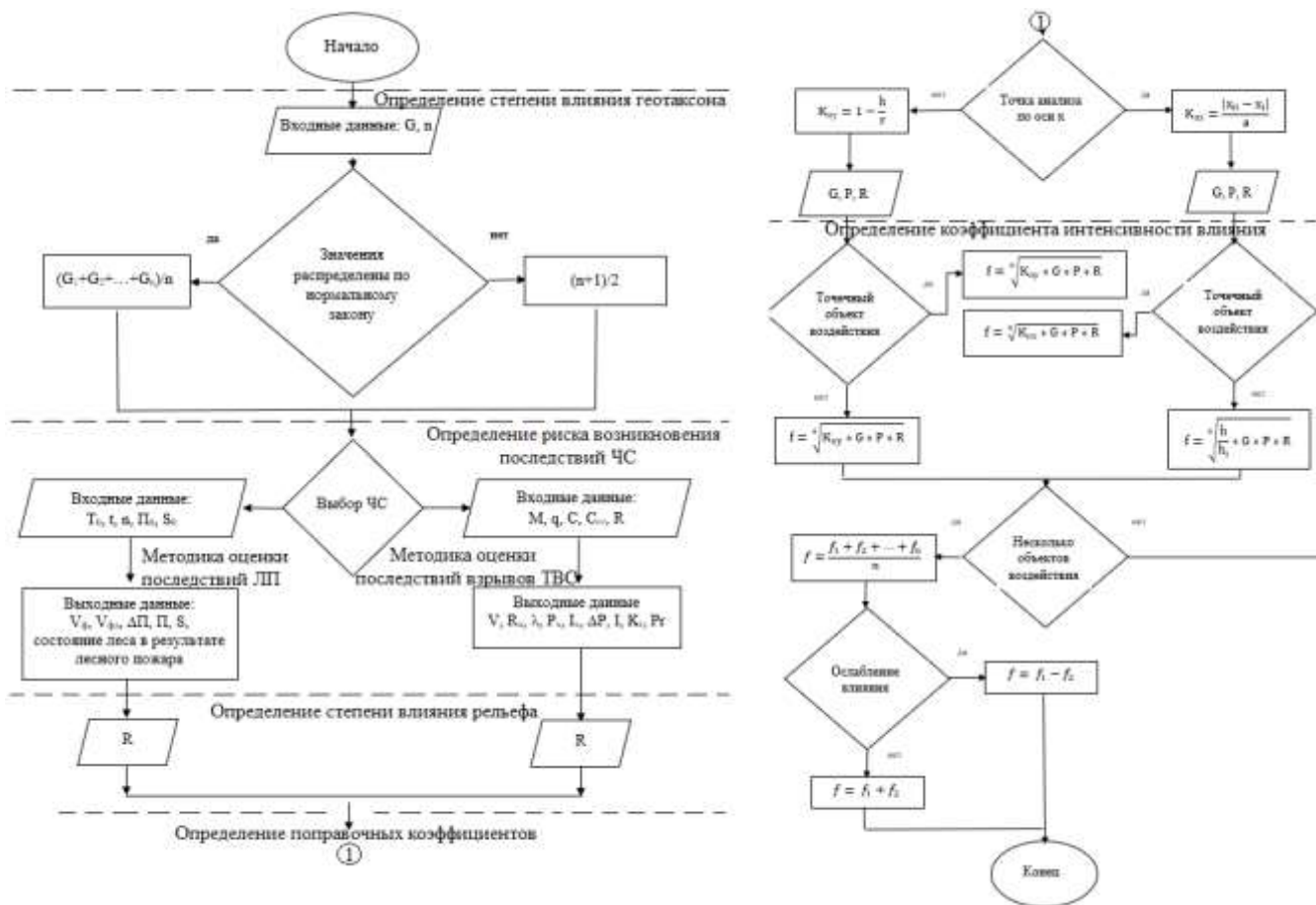


Рис. 3. Алгоритм оценки коэффициента интенсивности влияния

1. Начало: получение данных о районе анализа (определение линейного участка, участка анализа и зону анализа железной дороги в зависимости от задачи); определение точки анализа, на которую происходит влияние.

2. Нормирование всех характеристик геотаксонов, входящих в зону анализа и определение их степени влияния. При наличии более одного геотаксона – определение общего влияние геотаксонов в зависимости от нормального (как среднее арифметическое) или отличного от нормального (как медиана) закона распределения.

3. Определение наличия и вида чрезвычайной ситуации (ЧС).

4. Определение входных и выходных данных по методикам оценки последствий ЧС природного или техногенного характера.

5. Определение рельефа местности (равнинный, горный, холмистый) и задание ему степени влияния, в зависимости от рассматриваемой чрезвычайной ситуации.

6. Определение вида и местоположения геотаксона. Пример такого вида и расположения приведен на рис. 4.

7. Расчет коэффициента интенсивности влияния геотаксонов на железную дорогу.

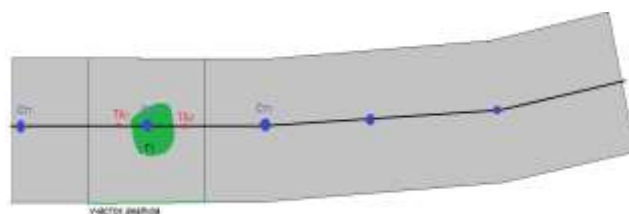


Рис. 4. Пример расположения и вида геотаксона

При воздействии полигонального геотаксона коэффициент рассчитывается по следующей формуле:

$$f = \sqrt[4]{\frac{h}{h_n} \cdot G \cdot P \cdot R}, \quad (1)$$

где f – коэффициент интенсивности влияния; h – кратчайшее расстояние от рассматриваемого геотаксона до железной дороги; h_n – расстояние от рассматриваемого геотаксона до точки анализа, расположенной на

железнодорожном пути; G – степень влияния геотаксонов; P – риск возникновения последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера; R – степень влияния рельефа местности.

Кратчайшее расстояние определяется с помощью векторной алгебры – нахождение высоты параллелограмма, построенного на двух известных векторах.

Расстояние от геотаксона до точки анализа находится следующим образом:

$$|h_n| = \sqrt{(x_n - x_a)^2 + (y_n - y_a)^2}, \quad (2)$$

где x_n ; y_n – координаты точки анализа; x_a ; y_a – координаты точки влияния геотаксона.

Так как все параметры нормируются и не могут превышать 1, то для определения относительных измерений стоит рассчитывать среднее пропорциональное. Данная величина дает наиболее точный результат усреднения (средние величины позволяют получить обобщенную характеристику анализируемого явления), при этом, учитывая все параметры, они не превысят единицы.

При отсутствии расстояния между геотаксоном и железной дорогой отношение $\frac{h}{h_n}$ принимается равным 1, что будет давать максимальное значение влияния.

При необходимости определения влияния полигонального геотаксона на точку анализа, которая располагается вне зоны геотаксона, вычисляется поправочный коэффициент (безразмерный коэффициент, корректирующий отношение кратчайшего расстояния от геотаксона до участка анализа железной дороги к расстоянию от геотаксона до точки анализа):

$$K_{\text{пх}} = \frac{|x_0 - x_1|}{a}, \quad (3)$$

где $K_{\text{пх}}$ – поправочный коэффициент по оси x ; x_1 – координата точки анализа; x_0 – координата крайней ближайшей точки геотаксона к точке анализа; a – расстояние между точкой анализа и точкой геотаксона.

Тогда коэффициент интенсивности влияния примет вид:

$$f = \sqrt[4]{K_{\text{пх}} \cdot G \cdot P \cdot R}. \quad (4)$$

При воздействии техногенного объекта, который в работе выступает в виде точечного объекта, коэффициент определяется как:

$$f = \sqrt[4]{K_{\text{пу}} \cdot G \cdot P \cdot R}, \quad (5)$$

где $K_{\text{пу}}$ – поправочный коэффициент по оси y .

В свою очередь такой поправочный коэффициент определяется как:

$$K_{\text{пу}} = 1 - \left(\frac{h}{h_n} \cdot \alpha \right), \quad (6)$$

где α – угол между кратчайшей прямой от точки анализа до объекта и прямой от точки влияния до точки анализа.

8. Расчет общего влияния геотаксонов, если в зоне анализа располагается несколько видов геотаксонов.

Варианты расположения могут быть разнообразны, геотаксоны могут пересекаться, могут находиться на некотором расстоянии друг от друга. При таком расположении следует рассчитывать коэффициент интенсивности влияния отдельно для каждого геотаксона. Однако, при пересечении двух геотаксонов появляется степень влияния, поэтому также рассчитывается коэффициент интенсивности влияния пересечения. Общий коэффициент интенсивности влияния рассчитывается как среднее значение всех коэффициентов.

Также формируется матрица событий в связи с тем, что при пересечении различных групп геотаксонов может возникнуть как ослабление, так и усиление воздействия геотаксонов.

Таким образом, в случае возникновения чрезвычайной ситуации природного характера (лесной пожар) в месте пересечения групп геотаксонов "Зеленые насаждения" и "Водопользование" произойдет ослабление влияния.

Ослабление рассчитывается в зависимости от влияния каждого геотаксона. Например, пусть в зоне анализа располагается геотаксон по целевому назначению леса «защитный» с влиянием 0,5 и геотаксон по типу водного объекта «водоем» с влиянием 0,15. Тогда ослабление рассчитывается как 0,5-0,15, и новое влияние при пересечении двух геотаксонов будет равно 0,35.

9. Определение характеристик состояния участка анализа железной дороги.

Данные характеристики определяются в зависимости от значения коэффициента интенсивности влияния. Так, при незначительном коэффициенте, лежащем в интервале $0 \div 0,2$ можно сделать вывод, что геотаксон находится на довольно большом расстоянии от участка железной дороги и имеет допустимое влияние, характеризуется сохранением нормального функционирования участка железной дороги, снижением скорости можно пренебречь.

10. Конечная + формирование отчета о состоянии железнодорожного пути и прилегающей территории и подготовка рекомендации о скоростном режиме.

По ходу выполнения данного алгоритма реализуется геоинформационный проект, в котором посредством написания скрипта на языке программирования Python производятся автоматизируемые расчёты, осуществляется моделирование возможных чрезвычайных ситуаций, отображаются результаты расчётов и формируются отчёты в режиме реального времени.

На рис. 5 представлена тематическая карта, как результат запуска модели.



Рис. 5. Тематическая карта проекта

Красным цветом отмечены опасные участки, степень влияния которых находится в пределах $0,8 \div 1,0$. Зеленым цветом же отмечены участки малой опасности, где степень влияния принимает значения в пределах $0,2 \div 0,4$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам данной методики возможна выдача рекомендаций по безопасному проектированию и эксплуатации железнодорожных путей.

Результаты оценки служат для поддержки организационных и административных мер, включая

решения о перекрытии железнодорожного участка, привлечении дополнительных сил и техники, об эвакуации населения, об изменении скоростного режима поезда.

В ходе оценки представляется возможность разработки режима работы железнодорожного участка в зависимости от характеристик состояния данного участка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] 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.
- [2] Методика оценки крупных лесных пожаров. М.: ВНИИ ГОЧС, 2001.
- [3] РД 03-409-01. Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей. Утверждена постановлением Госгортехнадзора России от 26.06.01 № 25.
- [4] Шалымов Р.В. Разработка и исследование инерциальной системы мониторинга рельсового пути: Автореф. дис. ... кан. техн. наук / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина). Санкт-Петербург, 2014. 21 с.
- [5] Zhdanova E.N., Minina A.A., Shalymov R.V. Sybssystem On-Board Information-Measuring System / Е.Н. Жданова, А.А. Минина, Р.В. Шалымов // Менеджмент качества, транспортная и информационная безопасность, информационные технологии: Тез. докл. Междунар. Конф., Санкт-Петербург, 24-28 сент. 2018. С. 248-252.