

УДК 519.71

## Методика разработки экспертных систем управления безопасностью дорожного движения в населенных пунктах

*Н.А. Банушкина*

Алтайский государственный университет (Барнаул, Россия)

## A Development Technique for Expert Systems of Road Safety Management in Settlements

*N.A. Banushkina*

Altai State University (Barnaul, Russia)

Рассмотрены вопросы прогнозирования аварийности на конфликтных объектах (перекрестках, пешеходных дорожках и переходах). Проведен анализ влияния дорожных условий и других независимых факторов на безопасность движения.

В работе исследуются методы оценки опасных участков дорог. Определены основные принципы классификации методов управления безопасностью дорожного движения в населенных пунктах. Изложены особенности разработки экспертных систем в зависимости от свойств каждого класса.

Приведено обоснование эффективности метода конфликтных ситуаций для прогнозирования дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Выделен класс потенциальных опасностей, регулируемых нормативными и законодательными актами.

Для данного класса в статье предлагается и описывается методика разработки автоматизированной системы принятия решений при управлении безопасностью. Особенностью методики является то, что принятие решений полностью возложено на экспертную систему. Участия экспертов не требуется как на этапе разработки системы, так и в процессе ее эксплуатации.

В работе изложены основные принципы формирования Базы знаний (БЗ) и особенности алгоритмов. Принятие структурных управленческих решений осуществляется на основе предлагаемых алгоритмов с использованием БЗ. Эффективность методики подтверждена результатами мониторинга.

**Ключевые слова:** дорожно-транспортное происшествие, методы прогнозирования, метод конфликтных ситуаций, факторы влияния, База знаний, экспертные системы, системы принятия решений.

The paper considers several aspects of accidents prediction at conflict objects, such as cross-roads, sidewalks and crossings. The impact of road conditions and other independent factors on traffic safety is analyzed, and methods for assessment of dangerous road segments are investigated. Specifically, the basic classification principles of road safety management methods are proposed, and specific features of expert systems development depending on properties of different classes are elaborated.

The method of conflict situations for traffic accidents (TA) prediction is proved to be effective, and its justification is provided. A class of potential dangers governed by regulatory and legislative acts is outlined. For this class, a method for developing a decision-making automated system for safety management is proposed and discussed. A unique feature of the proposed method is that decision-making is performed by an expert system completely, and no experts are required for developing and operating the system.

In the paper, basic principles of a knowledge base (KB) development and features of algorithms are proposed. Structured management decisions are made on the basis of the proposed algorithms using KB. The effectiveness of the proposed method is validated by the results of monitoring.

**Key words:** traffic accident, predicting methods, method of conflict situations, factors of influence, knowledge base, expert systems, decision-making systems.

DOI 10.14258/izvasu(2015)1.2-16

Основная цель прогнозирования ДТП сводится к выявлению наиболее опасных участков и дальнейшему их обследованию для проведения мероприятий по повышению безопасности дорожного движения. Безопасность движения вне населенных пунктов в большей степени зависит от дорожных условий и складывающихся под их влиянием режимов движения транспортных потоков. В населенных пунктах дорожные условия играют второстепенную роль. Потенциальная опасность ДТП в значительной мере зависит от нарушения правил и принятых норм водителями, пешеходами и другими лицами.

В статье исследуется влияние дорожных условий и других независимых факторов на безопасность движения в населенных пунктах. Проводится классификация факторов потенциальных опасностей и методов управления безопасностью дорожного движения.

Автором выделены три основных класса:

$$X = X_1 \cup X_2 \cup X_0,$$

где  $X_1$  — класс, в котором безопасность движения зависит от дорожных условий.

Несмотря на то, что аварийная ситуация складывается под влиянием нескольких факторов, в данном классе неудовлетворительное состояние дорожных условий является определяющим. Показатель неудовлетворительного состояния дорожных условий  $x_i \in X_1$ , где  $1 \leq i \leq n$ , — порядковый номер показателя в базе данных.

Для снижения аварийности под влиянием факторов данного класса применяют один из методов прогнозирования, основой которого являются данные статистики ДТП за прошедшие периоды. Таким образом, определяются наиболее опасные участки, на которых необходимо изменить дорожные условия. «В случаях, когда возможности быстрого улучшения всей дороги ограничены, очень правильно установить очередность перестройки опасных участков» [1, с. 169].

$X_2$  — класс потенциальных опасностей на конфликтных объектах (перекрестках, пешеходных дорожках и переходах), сформированный на основании наблюдения, анализа и оценки специалистами-экспертами.

В результате формируется подмножество показателей  $(x_1, \dots, x_n) \in X_2$ . Следует отметить, что данное подмножество может быть сформировано не только из факторов базы данных, но из факторов потенциальных опасностей, выявленных экспертами впервые.

Для данного класса предлагается применить метод конфликтных ситуаций, предназначенный для предупреждения дорожно-транспортных происшествий. Суть метода сводится к выявлению и оценке опасных мест на дорогах, анализу факторов, влияющих на аварийную ситуацию и разработке мероприятий по их устранению. Метод базируется на предполо-

же, что до того как произойдет ДТП, опасные ситуации возникают неоднократно. «Опасность происшествия исключается водителями путем маневров или торможения. Поэтому фактическое количество происшествий гораздо меньше конфликтных ситуаций, но между этими характеристиками существует весьма устойчивая корреляционная связь» [1, с. 138].

Наличие экспертов обязательно. Факторы влияния определяются экспертным путем, ранжируются по степени влияния и дается предварительная оценка степени опасности. Метод конфликтных ситуаций дает прогноз по совокупности факторов, влияющих на аварийность. По мнению Д. В. Капского, данный метод является эффективным. «Метод позволяет быстро, в течение нескольких часов наблюдений, выявить недостатки в движении, приводящие к авариям, и разработать соответствующие мероприятия по их устранению» [2, с. 275].

Сложность заключается в том, что количество экспертов очень ограничено, а специалисты более низкого уровня не могут провести полноценный анализ и сделать правильные выводы. Поэтому функции эксперта должны быть возложены на экспертную систему.

$X_0$  — класс потенциальных опасностей, регулируемых локальными, нормативными и законодательными актами.

Учет требований безопасности движения заключен в нормах и правилах, на основании которых сформирована нормативная база данных (БДНР). На конфликтных объектах осуществляется мониторинг безопасности на основе соответствия нормативным данным, предельно допустимым нормам, требованиям локальных, нормативных и законодательных правовых актов. В результате подмножество показателей  $(x_1, \dots, x_n) \in X_0$  формируется из факторов нормативной базы данных, по которым выявлены нарушения. Наличие экспертов не требуется, так как нет необходимости анализа факторов влияния на безопасность движения, их ранжирования, оценки степени опасности и прогноза аварийности. Метод основан на принципе обязательного соблюдения установленных норм и правил вне зависимости от степени влияния факторов на аварийность. Положения нормативных и законодательных актов всегда хорошо структурированы и формализованы и по своей сути предназначены для обеспечения безопасности и предотвращения ДТП. Фактически в них заложены экспертные знания, продуманные и неоднократно проверенные.

Для данного класса в статье предлагается и описывается методика разработки автоматизированной системы принятия решений при управлении безопасностью. Особенностью методики является то, что принятие решений полностью возложено на экспертную систему. Этим определяется актуальность и практическая значимость проведенных исследований.

Целью данной работы является формирование основных принципов создания экспертных систем и формирования Базы знаний для классов потенциальных опасностей на конфликтных объектах —  $X_2, X_0$ .

Построение интеллектуальных и экспертных информационных систем основано на концепции использования Базы знаний для генерации алгоритмов решения прикладных задач различных классов [3, с. 16].

Методика создания экспертной системы для обеспечения безопасности в классе  $X_2$ :

1. Проектирование информационной базы данных — БД:

- показатель цели — обеспечение безопасности дорожного движения;
- выбор факторов влияния, создающих потенциальную опасность на данном участке дороги;
- выбор критериев максимальной безопасности;
- формирование групп факторов, оказывающих влияние на показатель цели.

В соответствии с выбранными критериями осуществляется формирование по каждому фактору влияния «условных нормативов», принятых в данной системе за эталон.

2. Проектирование Базы знаний — БЗ:

- экспертный анализ влияния факторов на показатель цели и определение их весовых коэффициентов;
- экспертный анализ влияния связанных факторов на результирующий показатель;
- экспертная оценка возможных последствий отклонений факторов влияния от эталонных значений;
- разработка рекомендаций о принятии мер для уменьшения риска и предотвращения ДТП.

3. Разработка математической модели и алгоритма анализа. Анализ, оценка рисков и прогнозирования ДТП осуществляется с использованием информационной БД и БЗ.

Алгоритм анализа основан на сравнении характеристик обеспечения безопасности дорожного движения с данными БЗ, принятыми за эталон. Анализ отклонений осуществляется в зависимости от весовых коэффициентов. Расчеты производятся в абсолютных, относительных величинах и процентах.

Для большей части потенциальных опасностей невозможно применить количественную оценку безопасности дорожного движения. По мнению автора, в этом случае эффективным является метод оценки дорог баллами. Для каждого элемента экспертным путем определяется шкала баллов. Максимальный балл соответствует благоприятным условиям движения на дороге и может быть принят за эталон. Условия безопасности оцениваются суммой баллов.

Отклонение показателей от эталонных значений в сочетании с наибольшим процентом влияния опре-

деляют «зону риска». Прогнозирование ДТП осуществляется на основе полученных результатов.

Особое внимание в подобных алгоритмах уделяется повторяемости неблагоприятных состояний в сочетании со значительным отклонением от эталона.

В течение исследуемого периода фиксируются стабильное, критическое отклонение и тенденции к улучшению. В зависимости от смыслового значения показателей состояние обеспечения безопасности является критическим в различных случаях: повторяемость отклонения, увеличение отклонения, максимально допустимое отклонение, а также во взаимосвязи с отклонениями других показателей.

Проводится экспертная оценка возможных последствий в связи с отклонениями показателей обеспечения безопасности от значений, принятых за эталон. В зависимости от отклонений факторов влияния и их сочетаний из БЗ выбираются рекомендации о мерах обеспечения безопасности дорожного движения.

4. Обязательным является проведение последующего мониторинга для анализа результативности мероприятий.

По мере функционирования экспертной системы в Базе знаний формируется множество  $Z$ , содержащее информацию о результативности мероприятий по обеспечению безопасности и предотвращению ДТП.

- $E \in Z$  — подмножество, содержащее информацию о наиболее удачных решениях;
- $N \in Z$  — подмножество неэффективных управленческих решений.

Множество  $Z \in БЗ$  динамически изменяется и постоянно совершенствуется, так как в подмножестве  $E$  накапливаются сведения о наиболее результативных мероприятиях, рекомендуемых для устранения опасных ситуаций и предотвращения ДТП. Рекомендации, оказавшиеся неэффективными с точки зрения обеспечения безопасности (подмножество  $N$ ), выводятся из Базы знаний. Алгоритм формирования множества  $Z$  изложен автором в работах [4, 5].

Метод, изложенный в данной статье, не предназначен для замены текущей работы экспертов аналитической информационной системой. Экспертная система служит для реализации тех функций экспертов, которые не могут быть выполнены имеющимися специалистами.

Методика создания автоматизированной системы принятия решений при управлении безопасностью для обеспечения безопасности в классе  $X_0$ :

1. Проектирование информационной базы данных — БД:

- показатель цели — обеспечение безопасности дорожного движения;
- выбор факторов потенциальной опасности, регулируемых требованиями локальных, нормативных и законодательных правовых актов. Фактически базой данных является норматив-

ная база, так как в данном классе другие факторы не анализируются.

## 2. Проектирование Базы знаний — БЗ:

- выбор из нормативной базы данных факторов влияния, создающих потенциальную опасность на исследуемом участке дороги;
- разработка требований о принятии мер по устранению выявленных нарушений;
- формирование множества субъектов ответственности. В данном множестве должна быть четко обозначена иерархия подчиненности и организационного исполнения;
- сведения об исполнении требований о принятии мер по устранению выявленных нарушений. Следует отметить, что в данной системе не анализируется эффективность принятых мер с точки зрения обеспечения безопасности. В БЗ должна содержаться информация об исполнении / неисполнении требований соответствующими субъектами ответственности, а также о сроках и качестве исполнения.

## 3. Разработка математической модели и алгоритма анализа.

Анализ осуществляется с использованием БДНР и БЗ. Оценка рисков и прогнозирования ДТП данным алгоритмом не осуществляется.

Алгоритм анализа основан на сравнении требований о принятии мер и их фактического исполнения. В Базу знаний вводится система признаков, характеризующих состояние исполнения (исполнено, не исполнено, качество и сроки исполнения). Каждому состоянию и их сочетаниям в БЗ соответствует рекомендация об управляющих воздействиях. Особое значение придается повторяемости неудовлетворительных результатов. В этом случае управление передается на вышестоящий уровень иерархии организационной структуры. Под контроль попадает управляющее звено. Реализация алгоритма управления с обратной связью изложена автором в работах [6, 7]. Подход к решению данной задачи имеет существенное отличие от принципов реализации экспертной системы поддержки управленческих решений, описанных в этих работах. Ввиду того, что  $X_0$  — это класс потенциальных опасностей, регулируемых локальными, нормативными и законодательными актами, в алгоритме передача управления осуществляется не только на верхний уровень субъектов ответственности, но и в правоохранительные органы.

Принятие решений полностью возложено на экспертную систему. Участия экспертов не требуется как на этапе разработки системы, так и в процессе ее эксплуатации. Ввиду строгой формализации всех элементов Базы знаний автоматически формируются все документы, необходимые для передачи управления на верхний уровень и в правоохранительные органы. В связи с этим, по мнению автора, эффективность мероприятий по устранению опасных мест на дорогах значительно повышается.

4. Мониторинг безопасности на основе соответствия нормативным данным, требованиям локальных, нормативных и законодательных правовых актов. Проведение последующего мониторинга для анализа результативности мероприятий является составляющей частью реализации алгоритма. Результаты мониторинга заносятся в БД, и на их основании в БЗ формируется новое значение признаков, по которым осуществляется автоматизированное принятие решений. Все необходимые действия по мониторингу и работе с системой осуществляются специалистами средней квалификации.

Изложенные в статье подходы к созданию экспертных систем, применимых для обеспечения безопасности дорожного движения, в научной литературе исследованы недостаточно.

Эффективность алгоритмов подтверждена на практике. В течение года автором проводился анализ потенциальных опасностей на конфликтном перекрестке и прилегающих к нему участках. С одной стороны перекрестка проходит дорога к гимназии № 27, с другой стороны — к детской поликлинике № 1. Меры обеспечения безопасности движения вблизи детских учреждений должны соблюдаться особенно строго.

Выявлено следующее:

1. Нарушения семи положений требований нормативных и законодательных актов.
2. Многократная повторяемость нарушений после принятия административных мер и отсутствие контроля исполнения.
3. Отсутствие контроля соблюдения нормативных требований со стороны субъектов ответственности.
4. Неопределенность функций управления между исполнителями.

Таким образом, можно сделать вывод о целесообразности и эффективности в данном классе задач использования предложенной методики для создания системы принятия решений.

### Библиографический список

1. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения : учебник для вузов. — М., 1993.
2. Капский Д.В. Повышение безопасности дорожного движения на основе прогнозирования аварийности // Научно-технический сборник. Коммунальное хозяйство городов. — 2006. — № 69.
3. Пятковский О.И. Интеллектуальные информационные системы (системы обработки знаний) : учебное пособие. — Барнаул, 2010.
4. Банушкина Н.А. Разработка алгоритмов формирования информационной Базы знаний, предназначенной для автоматизации принятия управленческих решений // МАК-2009: материалы XII регион. конф. по математике. — Барнаул, 2009.
5. Банушкина Н.А. Особенности разработки экспертных систем в зависимости от класса объектов // Известия Алт. гос. ун-та. — 2011. — № 2/2 (69).
6. Банушкина Н.А. Разработка систем анализа состояния объекта в задачах управления // Известия Алт. гос. ун-та. — 1998. — № 1.
7. Банушкина Н.А. Разработка методов и алгоритмов процессного описания топологически сложных производственных систем : дис. ... канд. техн. наук. — Барнаул, 2002.