

УДК 656.113

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА АВАРИЙНОСТИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ДТП

Корчагин В.А., Ляпин С.А., Клявин В.Э., Ситников В.В.

*ГОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет» Минобробразования России,
Липецк, e-mail: sitnikov.vitaly@gmail.com*

В работе рассматривается проблема низкой эффективности применяемых сегодня методов анализа информации о дорожно-транспортных происшествиях. Отмечается необходимость углубленного изучения информации о ДТП без пострадавших. Предлагается выделение ряда характеристик системы водитель – автомобиль – дорога – среда, наиболее пригодных для использования в анализе больших массивов данных, причем особое внимание предлагается уделить характеристике «Нарушение правил дорожного движения». Система ВАДС рассматривается не изолированно, а как подсистема социо-природо-экономической транспортной системы, что позволяет рассматривать проблему более глобально. Для более формализованного подхода к выработке эффективных методов анализа аварийности разработана модель управления СПЭС с подсистемой ВАДС на основе адаптированной модели управления сложными системами и процессами «ресурсы – действия – операции» (РДО). В качестве структурных признаков выбираются основные элементы подсистемы ВАДС.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, анализ аварийности, системный подход, характеристики ДТП

IMPROVING TRAFFIC SAFETY BASED ON EMERGENCY ANALYSIS AND ROAD ACCIDENT EMULATION

Korchagin V.A., Lyapin S.A., Klyavin V.E., Sitnikov V.V.

Lipetsk State Technical University, Lipetsk, e-mail: sitnikov.vitaly@gmail.com

In case of ongoing growth of motorization in cities the modern problem of reducing the number of road accidents hasn't lost its importance. At the moment the process of road emergency analysis and development of measures to reduce the number of road accidents, which carried out by the Road Police departments, is not very effective. Road accident analysis is usually carried out in three stages: primary, dynamic and structural analysis. Structural analysis is significant in that it carried out to study the static characteristics of the system, to find its subsystems and relationships between them. It is possible to allocate such factors of the driver-road-vehicle-environment system, that on the one hand has a significant impact on the likelihood of an accident, and on the other – allow describing each case of accident in most abstract and informative way. Traffic violations are recommended to consider as the main of that factors. To explore the issue more globally, it is proposed to study the driver-road-vehicle-environment system as an element of socio-natural-economic transport system. To manage such a complex system, a model based on the approaches to the modeling of complex discrete systems and processes by the method of resources-action-operation is proposed. The elements of driver-road-vehicle-environment system choosed as basic system attributes. This model can be useful because it allows identifying the set of events in the system, identifying the factors, which parameters have the greatest influence on the formation of an accident.

Keywords: road accident, road emergency analysis, systems approach, road accident characteristics

В настоящее время многими учеными, как на Западе, так и в России в качестве фундаментального критерия экономического роста предлагается использовать устойчивость развития, под которой понимается состояние общества, при котором удовлетворение сегодняшних нормальных потребностей не уменьшает шансов будущих поколений на достойную жизнь. Несмотря на значительное количество научных работ в области обеспечения безопасности дорожного движения, в современных условиях постоянного и практически не контролируемого роста уровня автомобилизации городов вопросы снижения количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП) не теряют своей актуальности.

Анализ аварийности: общая характеристика

Процесс управления сложной динамической подсистемой требует постоянного мониторинга функционирования ее составных частей, анализа параметров ее характеристик, выработки управленческих решений, соответствующих вектору ее развития. Рассматривая подсистему ВАДС в данном контексте, можно констатировать, что процесс анализа аварийности и выработки мер по сокращению количества дорожно-транспортных происшествий, проводимый аналитическими службами подразделений ГИБДД, на сегодняшний момент является недостаточно эффективным. Одна из причин – отсутствие документов, регламентирующих общий порядок работ по анализу

аварийности, вследствие чего в каждом из Управлений ГИБДД по субъектам РФ разрабатываются свои методики анализа аварийности [5].

Среди основных недостатков используемых в аналитической работе методик можно выделить:

- малый объем аналитической составляющей (в большинстве случаев анализ аварийности заключается в расчете регламентированных показателей и коэффициентов);
- результаты анализа аварийности, как правило, не имеют конкретных выводов, либо итоговые предложения носят наиболее общий характер.

Очевидно, что в такой ситуации эффективность проводимого анализа низкая, а меры, принимаемые для профилактики аварийности, в большей степени основываются на опыте и профессионализме сотрудников Госавтоинспекции, то есть на экспертных оценках. Здесь стоит отметить, что при использовании метода экспертных оценок математический аппарат, как правило, является лишь вспомогательным инструментом, поэтому рассматриваемая проблема актуальна по двум причинам: во-первых – из-за постоянно растущего объема информации об аварийности, во-вторых – в информационных системах, используемых на данный момент подразделениями ГИБДД всех уровней, отсутствует функционал по проведению аналитической обработки данных.

Управление ГИБДД по Липецкой области сообщает, что ежегодно в Липецке происходит более 1000 ДТП с пострадавшими и порядка 19 000 ДТП без пострадавших. Также исследования показали, что в 84% случаев места концентрации ДТП с пострадавшими и без пострадавших совпадают. Хотя количество ДТП с причинением материального ущерба в разы превосходит ДТП с пострадавшими и в большинстве случаев места концентрации аварий с пострадавшими и без таковых совпадают, на сегодняшний день информация о ДТП с причинением материального ущерба практически не используется для принятия мер по профилактике и предотвращению аварийности.

Рассмотрение каждого конкретного случая ДТП будет отнимать слишком много времени и ресурсов, поэтому целесообразнее абстрагироваться от конкретного ДТП и исследовать весь массив данных.

Анализ аварийности обычно проводится в три этапа: первичный, динамический и структурный анализ соответственно, и в общем случае анализ аварийности предполагает изучение абсолютных и относительных показателей [5].

Первичный анализ – обзор (констатация) количественных данных, позволяющий сделать обоснованные выводы об их значении за определенный период времени.

Динамический анализ – исследование изменений значений показателей во времени путем сопоставления. Динамический анализ аварийности заключается в определении изменений значений исследуемых показателей за конкретный временной период по сравнению с аналогичным периодом выбранного базового периода.

Структурный анализ в общем виде представляет собой установление причинно-следственной связи между определенным событием и причинами его наступления, между целым и его частями. При проведении структурного анализа аварийности исследуются основные показатели аварийности путем детализации на составляющие показатели.

Необходимо отметить, что при анализе большого объема данных структурный анализ является наиболее информативным, так как позволяет изучать не только абсолютные и относительные показатели, но и возможную корреляцию между ними.

С точки зрения теории систем структурный анализ проводится с целью исследования статических характеристик системы путем выделения в ней подсистем и элементов различного уровня и определения отношений и связей между ними [6]. Объектами исследования структурного анализа являются различные варианты формируемых в процессе декомпозиции системы структур, позволяющие всесторонне оценить свойства системы.

Когда рассматривается подсистема ВАДС при анализе аварийности, возможно выделение факторов (элементов системы), с одной стороны, значительно влияющих на вероятность совершения ДТП, а с другой – позволяющих наиболее абстрактно и информативно описывать каждый случай возникновения ДТП. Таким образом, возможно внести некоторый уровень абстракции в изучаемые явления за счет использования системного подхода, а также рассматривать основные показатели аварийности, дифференцированные по различным регистрируемым факторам, имеющим свои характеристики.

Предлагается использовать следующие факторы подсистемы ВАДС, которые были выявлены в результате практической деятельности по сбору и анализу информации о дорожно-транспортных происшествиях: дата и время совершения ДТП; географические координаты места ДТП; адрес места ДТП (улица, номер дома или трасса и километр); уточнение места (улица, дворовая территория, местный проезд); вид

ДТП (столкновение, опрокидывание и т.д.); количество и типы транспортных средств, участвовавших в ДТП (с учетом виновных и пострадавших); квалификация водителя; вид дорожного покрытия; состояние проезжей части; состояние освещения; состояние погоды; нарушение ПДД водителем; типовая схема ДТП; скорость движения автомобиля; состояние водителя; состояние автомобиля.

При анализе аварийности главной особенностью является совокупность характеристик факторов подсистемы ВАДС, при которых произошло дорожно-транспортное происшествие. Причем в этой совокупности параметров можно выделить факторы, наиболее управляемые с точки зрения надзора ГИБДД. В качестве основного такого фактора рекомендуется выделить поведение участников дорожного движения, которое при совершении ДТП характеризуется нарушением правил дорожного движения.

В свою очередь, нарушения ПДД, находящиеся в прямой причинно-следственной связи с фактом совершения аварии, можно разделить на два вида: нарушения, достаточно редко встречающиеся в практике регистрации ДТП, но влекущие за собой серьезные последствия (ДТП с пострадавшими и погибшими); нарушения, происходящие намного чаще и имеющие менее серьезные последствия (ДТП с причинением материального ущерба).

В соответствии с приведенной классификацией должны различаться и методы аналитической обработки данных. Так, для нарушений, относящихся к первому виду, предлагается использовать методы статистического анализа при малом числе объектов наблюдения (по малым выборкам), причем задача будет сводиться к прогнозированию возникновения ДТП и локализации аварийно опасных участков.

Для нарушений второго вида применимы методы кластерного и факторного анализа, которые позволят выявлять очаги аварийности, факторы, оказывающие наибольшее влияние на факт совершения ДТП, а также зависимость этих факторов друг от друга.

Объект исследования и системная целостность

В Липецком техническом университете разработаны теоретические и методологические положения формирования системного эколого-экономического объекта исследования – открытых социо-природо-экономических систем (СПЭС) и теоретические подходы обеспечения сбалансированного взаимодействия автотранспортных систем и окружающей среды для обеспечения повышения эффективно-устойчивого

социально-экологического и экономического развития акционерных обществ, организаций, регионов и страны в целом [2, 3, 4].

Создание открытых транспортных систем (СПЭТС) является, на наш взгляд, одним из наиболее полезных объектов анализа. Соизмерение и согласование экономических и социоприродных потенциалов необходимо рассматривать как объект исследования. Предлагается рассматривать подсистему ВОДИТЕЛЬ – АВТОМОБИЛЬ – ДОРОГА – СРЕДА (ВАДС) как элемент социо-природо-экономической системы (СПЭС), включающей в себя социальный, экологический и экономический компоненты и взаимодействующей с внутренней, внешней и окружающей средами.

Объект исследования всегда в своих взаимодействиях с внешней и окружающей средами проявляет принципиально новые, интегративные свойства, не присущие ни одному из его компонентов и появившиеся только в результате их непосредственного взаимодействия, то есть обладает целостными свойствами. Именно в приобретении этих новых целостных свойств каким-либо элементом системы состоит смысл объединения разрозненных компонентов в единое целое. Наличие целостных свойств позволяет отнести то или иное сложное явление к разряду системных объектов исследования. Под системным объектом с самоподдержанием понимаем любое явление, воспринимаемое относительно его связей с внешней и окружающей по отношению к нему средами как единое целое.

Необходимо обеспечить такое взаимодействие составных элементов и подсистем, при котором сохраняются свои источники саморазвития и которое вместе с тем позволяет оптимально и устойчиво функционировать всей социо-природо-экономической системе, как сложной открытой и саморазвивающейся, что соответствует современной науке на постнеклассическом этапе ее развития. Нужно высокое развитие каждого элемента системы и их адекватное соответствие друг другу. Только в этом случае мы сможем понять, как образуется целостность, не сводимая к простой сумме элементов.

Итак, система как целое не лишь простая сумма частей или элементов, а она формируется как их гармоничное и оптимальное взаимодействие, дающее новое надсистемное качество. Целостность выступает и как теория целого и как некоторое надсистемное образование нового качества при обеспечении надежности и безопасности работы системы. Целостность выступает и как основа частей, и как продукт их гармоничного взаимодействия.

Гармония представляет собой такой способ взаимодействия в системе, при котором отдельные части сохраняют свою специфику и автономность и не определяются полностью целым. Напротив, самое целое является результатом гармонического взаимодействия, а именно таким, при котором оно получает возможность оптимального развития.

Системы должны иметь структурную целостность, вернее структурно-функциональную, так как каждый структурный элемент создан для выполнения какой-то отдельной функции, но совокупность этих функций создает общую функцию.

Системная целостность – это когда для противодействия разрушающему действию внешней и окружающей сред подключается при необходимости не только страдающий элемент, но и подсистемы и даже вся система. При системной целостности весь объект должен быть обеспечен эффективным управлением.

В настоящее время производственные предприятия – это объекты, еще не сформированные полностью по системному принципу, не охваченные единым управлением, где элементы еще не в полном объеме трансформировались в элементы единого целого.

Моделирование подсистемы ВАДС

В работе предлагается использовать в качестве объекта управления СПЭС с включением подсистемы ВАДС (рисунок), на входе которой характеристики ресурсов, участвующих в формировании ДТП на выходе, – собственно само ДТП как событие, которое может быть

ИСТИННО или ЛОЖНО. Модель основана на подходах к моделированию сложных дискретных систем и процессов, протекающих в них по методу «ресурсы – действия – операции» (РДО), предложенного проф. В.В. Емельяновым [1]. Основное отличие предлагаемой модели в том, что алгоритм управления системой при возникновении в ней событий представляется не единственно возможным, а выбирается из пространства алгоритмов с осями: скорость движения автомобиля – опыт управления водителем – состояние водителя. Это позволяет более точно описать отклик системы, обозначить границы возможностей водителя по предотвращению ДТП. Важным развитием метода РДО является применение в рамках этого метода морфологического подхода.

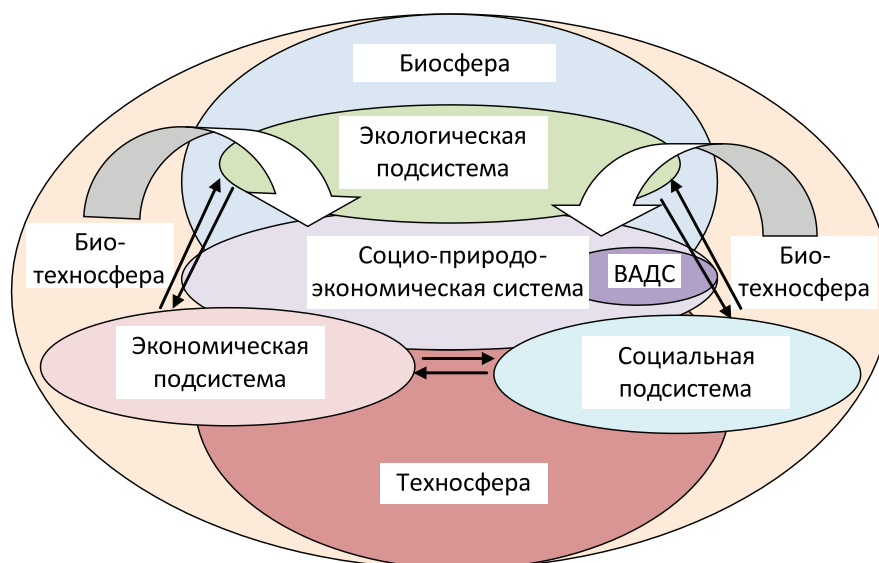
Используя морфологический подход, выделим в исследуемой системе несколько типичных для нее структурных (морфологических) признаков – осей морфологического «ящика». Предварительный анализ показал, что целесообразно использовать четыре морфологические «оси», отражающие основные элементы подсистемы ВАДС соответственно.

Ресурсы, образующие эту подсистему, при ДТП представляют множество

$$R = \{r_i; i = 1, \dots, 4\}, \quad (1)$$

где r_i – i -й ресурс системы ВАДС.

Для каждой морфологической оси можно указать факторы, способные повлиять на «формирование» ДТП в зависимости от их конкретных характеристик.



Концептуальная модель СПЭС с подсистемой ВАДС

Множество факторов разбивается на несколько непересекающихся подмножеств $\Phi_k \subseteq \Phi; k = 1, \dots, K$ таких, что

$$\Phi = \bigcup_k \Phi_k \text{ и } \bigcap_k \Phi_k = \emptyset. \quad (2)$$

Каждый из факторов описывается множеством параметров, формирующих его характеристику в данный момент времени.

Характеристики (показатели) факторов каждой «оси» обозначим $\{S_{ij}\}, i = \overline{1,4}; j = 1, 2, \dots, M$, где i – номер частного ресурса («оси»); j – номер фактора, входящего в данный частный ресурс. Часть параметров каждой из характеристик в процессе функционирования подсистемы ВАДС изменяется, другая – остается постоянной.

Характеристика $S_i(t)$ i -го ресурса в момент времени t достаточно полно описывается значениями ее параметров:

$$S_i(t) = \{s_{ij}(t); j = \overline{1, \dots, M_i}\}, \quad (3)$$

где $s_{ij}(t)$ – значение j -го параметра i -го ресурса, а M_i – число параметров i -го ресурса. Тогда состояние системы ВАДС можно описать множеством характеристик всех рассматриваемых ресурсов на данный момент времени:

$$S(t) = \{S_i(t); i = \overline{1, \dots, N}\}. \quad (4)$$

Используемая концепция агрегирования переменных на основе морфологического принципа состоит в том, что показатели $\{S_{ij}\}$ вдоль каждой i -й оси морфологического ящика свертываются аддитивно, а результаты свертки перемножаются между собой.

Морфологическая таблица делает поисковое поле более наглядным и позволяет обзирать и анализировать ранее не изученные сочетания вариантов. В итоге стохастическая связь обобщенного показателя S с вектором объясняющих переменных x будет сильнее, чем связь с x входящих в S частных критериев и образующих их аддитивных членов S_{ij} .

Характеристики ресурсов не только влияют на подсистему ВАДС, но и взаимодействуют друг с другом в соответствии с определенными закономерностями. Каждое такое действие связано с изменением состояния системы, которое будем называть событием. Множество наблюдаемых событий в модели фиксируется и ставится в соответствие множеству состояний характеристик ресурсов.

Регулярное событие формально будем представлять как некоторое изменение состояния системы, и описывать следующим образом:

$$C = (t_c, S_c^-, S_c^+), \quad (5)$$

где t_c – момент времени свершения события c ; S_c^- – состояние системы до события c ; S_c^+ – состояние системы после события c .

Так как состояние дискретной системы изменяется только в моменты свершения событий, то оно остается неизменным между событием c_i и событием c_{i+1} , и, следовательно, имеет место равенство

$$S_{c_i}^+ = S_{c_{i+1}}^-. \quad (6)$$

Очевидно, что некоторое событие c формируют не все факторы, влияющие на систему, и его наступление характеризуется лишь локальным изменением состояния системы. Факторы, характеристики которых изменяются, при наступлении события c называют релевантными событию c

$$\Phi_c = \{r_{ic} / S_i^-(t_c) \uparrow S_i^+(t_c)\}, \quad (7)$$

где r_{ic} – i -й фактор системы ВАДС, релевантный событию c .

Для нерегулярного события \tilde{c} характеристики подсистемы ВАДС до его начала $S_{\tilde{c}}^-$ спрогнозировать затруднительно. Так как \tilde{c} происходит случайным образом, то оно описывается лишь временем возникновения и состоянием после нерегулярного события:

$$\tilde{c} = (t_{\tilde{c}}, S_{\tilde{c}}^+), \quad (8)$$

где $t_{\tilde{c}}$ – время наступления нерегулярного события, а $S_{\tilde{c}}^+$ – состояние системы после наступления нерегулярного события.

При совершении событий параметры, характеризующие факторы меняют свое значение. Изменение значений некоторых факторов может быть представлено как модель состояния, которая состоит из множества состояний и множества событий, переводящих систему из состояния в состояние.

Факторы одного ресурса обычно меняют свое состояние согласно одним и тем же правилам. Поэтому модель состояний является абстракцией поведения всех однотипных факторов подсистемы ВАДС и однозначно соответствует абстракции «Тип фактора».

Заключение

Описанная в работе модель состояний, статичная по своей природе, не обеспечивает процесс имитации необходимыми знаниями, но она полезна на определенном этапе описания системы, так как позволяет уточнить разбиение факторов на типы, идентифицировать множество событий в системе, выделить факторы, параметры которых оказывают наибольшее влияние на формирование ДТП.

Список литературы

1. Емельянов В.В. Теоретические основы и метод построения интеллектуальных моделей для принятия решений при оперативном управлении и моделировании СИМ: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.07. – МГТУ им. Н.Э. Баумана. – М., 1995. – 29 с.
2. Корчагин В.А., Ляпин С.А. Управление процессами перевозок в открытых социоприродоэкономических автотранспортных системах: монография. – Липецк: ЛГТУ, 2007. – 262 с.
3. Корчагин В.А., Ризаева Ю.Н. Ноосферологические подходы создания социоприродоэкономических транспортно-логистических систем // Автотранспортное предприятие – 2012. – № 1. – С. 45–48.
4. Корчагин В.А., Ризаева Ю.Н. Научно-обоснованное управление открытыми автотранспортными системами // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 11. – С. 148–152.
5. Кузьмин О.Н., Бородин С.Г. Анализ аварийности в управлениях (отделах) Госавтоинспекции МВД, ГУ МВД, УМВД России по субъектам Российской Федерации. – М.: ФКУ НИЦ БДД МВД России, 2012. – 48 с.
6. Степанов И.С., Покровский Ю.Ю., Ломакин В.В., Ю.Г. Москалева. Влияние элементов системы водитель – автомобиль – дорога – среда на безопасность дорожного движения: учебное пособие – М.: МГТУ «МАМИ», 2011. – 171 с.

References

1. Emeljanov V.V. *Teoreticheskie osnovy i metod postroeniya intellektual'nykh modelej dlja prinjatija reshenij pri operativnom upravlenii i modelirovanii SIM. : Avtoref. dis. dokt. tehn. nauk: 05.13.07* [The theoretical framework and method of constructing models for intelligent decision-making at the operational management and modeling CIM]. MG TU im. N.E. Bauman, Moscow, 1995, 29 p.
2. Korchagin V.A., Ljapin S.A. *Upravlenie processami perevozok v otkrytykh socioprirodjeekonomicheskikh avtotrans-*

portnyh sistemah: monografija. [Management of processes of transportations in open social-nature-economic motor transportation systems]. Lipeck, LGTU, 2007, 262 p.

3. Korchagin V.A., Rizaeva Ju.N. *Noosferologicheskije podhody sozdanija socioprirodjeekonomicheskikh transportno-logisticheskikh sisem* [Noosphere-logistical approaches of creating socio-nature-economic transport and logistics systems]. *Avtotransportnoe predpriyatje*, 2012, no. 1, pp. 45–48.

4. Korchagin V.A., Rizaeva Ju.N. *Nauchno-obosnovannoe upravlenie otkrytymi avtotransportnymi sistemam* [Science-based management of public transport systems]. *Fundamentalnye issledovanija*, 2012, no. 11, pp. 148–152.

5. Kuzmin O.N., Borodina S.G. *Analiz avarijnosti v upravlenijah (otdelah) Gosavtoinspekcii MVD, GU MVD, UMVD Rossii po subektam Rossijskoj Federacii* [Analysis of the accident in the department (division) of traffic police Internal Affairs, State Ministry of Interior, Ministry of Internal Affairs of Russia on states of the Russian Federation]. Moscow, FKU NIC BDD MVD Rossii, 2012, 48 p.

6. Stepanov I.S., Pokrovskij Ju.Ju., Lomakin V.V., Ju.G. Moskaleva. *Vlijanie jelementov sistemy voditel – avtomobil – doroga – sreda na bezopasnost dorozhnogo dvizhenija: Uchebnoe posobie* [Influence of elements of the driver – vehicle – road – environment system on the road safety]. Moscow, MG TU «MA MI», 2011, 171 p.

Рецензенты:

Ли Р.И., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Транспортные средства и техносферная безопасность», Липецкий государственный технический университет, г. Липецк;

Шмырин А.М., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Высшая математика», Липецкий государственный технический университет, г. Липецк.