

О ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ В ИНТЕРЕСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ

А.А. Астанков, кандидат технических наук, доцент;

М.А. Симонова, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

А.К. Черных, доктор технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский военный институт внутренних войск МВД России

Рассмотрена задача прогнозирования эффективности применения инновационных технических решений и технологий (новой техники) в интересах обеспечения безопасности на транспорте. Сформулирован критерий оценки эффективности применения новой техники для обеспечения безопасности на транспорте. Предложен подход к прогнозированию экономической эффективности применения новой техники, а также подход к прогнозированию эффективности внедрения варианта новой техники в случае наличия нескольких различных альтернативных вариантов новой техники и решения задачи прогнозирования обоснованности (качества) выбора оптимального варианта новой техники из множества альтернатив.

Ключевые слова: прогнозирование эффективности, технические решения, технологии, обеспечение безопасности, транспорт

ABOUT FORECASTING THE EFFECTIVENESS OF THE APPLICATION INNOVATIVE TECHNICAL SOLUTIONS AND TECHNOLOGIES IN THE INTERESTS OF ENSURING TRANSPORT SECURITY

A.A. Astankov; M.A. Simonova.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

A.K. Chernykh.

Saint-Petersburg military institute of internal troops of Ministry of internal affairs of Russia

We consider the problem of predicting the effectiveness of innovative technical solutions and technology (new technology) in the interests of transport safety. Formulated a criterion for evaluating the effectiveness of the application of new technology to ensure safety in transportation. The approach to the forecasting of economic efficiency of application of new technology and approach to forecasting the effectiveness of introducing new technology options in the case of several different alternatives of new technology and solutions to the problem of predicting the validity (quality) of an optimal variant of new technology from a set of alternatives.

Keywords: forecasting efficiency, technical solutions, technologies, security, transport

Мероприятия по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) на транспорте осуществляются формированиями МЧС России с использованием различных технических решений и технологий. Практика убедительно свидетельствует, что эффективность мероприятий обеспечения безопасности на транспорте в значительной

степени определяется уровнем их интенсификации, то есть, прежде всего, качественными показателями используемых технических решений и технологий, а также рациональной организацией их применения. В связи с этим как в теоретическом отношении, так и в плане практической значимости заслуживает внимания задача прогнозирования эффективности применения инновационных технических решений и технологий (новой техники) в интересах обеспечения безопасности на транспорте.

Так как применение новой техники планируется и осуществляется в соответствии с принятым вариантом обеспечения безопасности на транспорте, эффективность мероприятий обеспечения безопасности во многом зависит от правильного выбора варианта организации применения новой техники. Задача выбора наиболее рационального (близкого к оптимальному) варианта организации применения имеющейся в наличии новой техники должна решаться на этапе выработки варианта обеспечения безопасности на транспорте. В каждом конкретном случае всегда можно выбрать наиболее рациональный вариант организации применения новой техники, обеспечивающий достижение требуемых (планируемых) результатов выполнения задач по обеспечению безопасности на транспорте при минимальных затратах, связанных с использованием (эксплуатацией) функциональных ресурсов применяющейся новой техники.

Для решения указанной задачи необходимо определить критерий оценки эффективности применения новой техники, который должен быть согласован с существующими критериями оценки эффективности мероприятий обеспечения безопасности, и может быть использован для прогнозирования «вклада» новой техники в конечный результат мероприятий обеспечения безопасности на транспорте. Для этого необходимо располагать согласованными критериями оценки эффективности функционирования новой техники и работы организационно-штатных структур, применяющих эту технику, с помощью которых можно было бы оценить влияние различных вариантов организации применения новой техники на результаты мероприятий обеспечения безопасности на транспорте. Однако до настоящего времени указанные согласованные критерии не разработаны, а используемые для оценки эффективности функционирования новой техники частные показатели не увязываются (так как не имеют непосредственной связи) с результатами мероприятий обеспечения безопасности на транспорте.

Вместе с тем представляется возможным рассматривать эффективность мероприятий обеспечения безопасности на транспорте ($W_{\text{об}}$) в качестве критериального показателя, характеризующего своевременность и полноту решения задач по обеспечению безопасности на транспорте, то есть, в сущности, как фактический уровень обеспечения безопасности на транспорте.

Задача выбора варианта организации применения новой техники для обеспечения безопасности на транспорте должна решаться с целью выполнения следующего основного требования: в результате применения новой техники все задачи по обеспечению безопасности должны быть выполнены в установленные (заданные) сроки и в полном объеме. Тогда эффективность применения новой техники может оцениваться по степени соответствия ее фактических функциональных возможностей ($V_{\text{об}}^{(\phi)}$) требуемому объему стоящих задач по обеспечению безопасности на транспорте ($V_{\text{об}}^{(mp)}$).

Следовательно, критерий оценки эффективности применения новой техники для обеспечения безопасности на транспорте (K_m) может быть сформулирован следующим образом:

$$K_m = \begin{cases} \frac{V_{\text{об}}^{(\phi)}}{V_{\text{об}}^{(mp)}} & \text{при } V_{\text{об}}^{(\phi)} < V_{\text{об}}^{(mp)} \\ 1 & \text{при } V_{\text{об}}^{(\phi)} \geq V_{\text{об}}^{(mp)}. \end{cases}$$

Критерий K_m достаточно хорошо согласован по своему смыслу с критерием эффективности мероприятий обеспечения безопасности на транспорте (W_{mob}), так как техника, как правило, применяется при выполнении подавляющего количества задач по обеспечению безопасности на транспорте. Представляется возможным использование критерия K_m для прогнозирования эффективности различных вариантов организации применения новой техники на эффективность мероприятий обеспечения безопасности на транспорте:

$$W_{mob}^m = K_m W_{mob}, \quad (1)$$

где W_{mob}^m – эффективность выполнения задач по обеспечению безопасности на транспорте с учетом принятого варианта применения новой техники.

Анализ выражения (1) показывает, что критерий K_m выступает в роли коэффициента, характеризующего степень реализации прогнозируемой эффективности применения новой техники с учетом принятого варианта организации ее применения. Так как эффективность мероприятий обеспечения безопасности на транспорте может рассматриваться как вероятность своевременного и полного решения всего спектра задач по обеспечению безопасности, критерий K_m достаточно корректно может быть использован для прогнозирования эффективности применения новой техники в интересах обеспечения безопасности на транспорте.

В рамках решения рассматриваемой задачи прогнозирования представляется целесообразным использование (расчет и анализ значений) предлагаемого критерия оценки эффективности применения новой техники (K_m), определяемого в результате формирования иерархической структуры (системы) частных критериев в соответствии с заданными приоритетами и с учетом особенностей реальных условий применения новой техники [1].

Представляет интерес разработка концептуального подхода к прогнозированию экономической эффективности применения новой техники. Известно, что для сравнительной оценки двух вариантов техники, например базового (морально устаревшего) варианта и нового, с точки зрения их влияния на эффективность определенного процесса (обеспечение безопасности), в рамках которого предполагается использовать какой-либо из этих вариантов техники, чаще всего используется понятие «экономический эффект».

Экономический эффект применения новой техники в простейшем случае может быть определен как арифметическая разность величин затрат на разработку и эксплуатацию базового варианта техники и затрат на разработку и эксплуатацию нового варианта техники. Можно определять экономический эффект и по-другому, то есть как разность величин полезного эффекта, получаемого в одном и другом из указанных случаев. Таким образом, экономический эффект, судя по форме его расчета, представляет собой абсолютный показатель, что может создавать определенные затруднения при прогнозировании экономического эффекта в некоторых сложных случаях.

В отличие от экономического эффекта экономическая эффективность является удельным показателем и оценивается по приращению полезного эффекта относительно приращения затрат с использованием показателя:

$$J = \frac{Q - Q_0}{Z - Z_0}, \quad (2)$$

где Q , Q_0 – полезный эффект за определенный период времени соответственно для оцениваемого (нового) и базового вариантов техники; Z , Z_0 – затраты на реализацию полезных эффектов по новому и базовому вариантам техники соответственно.

Вместе с тем наиболее распространенным является мнение, что лучше сравнивать варианты друг с другом, используя формулу:

$$\Delta J = \frac{Q}{3} - \frac{Q_0}{3_0} \rightarrow \max. \quad (3)$$

В связи с этим возникает вопрос: «Какой подход лучше?». Для оценки применимости рассмотренных формул обычно оценивают сохранение их смысла при малых затратах. Очевидно, что при $Q_0 > 0$, $3_0 \rightarrow 0$ формула (3) теряет смысл, указывая на катастрофический материальный ущерб при внедрении нового варианта техники и при мизерных затратах базового варианта в случаях, когда новая техника еще недостаточно освоена и ее внедрение может осуществляться только за счет энтузиазма новаторов. Для этого случая вполне применима формула (2), так как сохраняет смысловую нагрузку.

Отметим, что формула (2) для оценки экономической эффективности по показателю, определяемому по относительному приращению полезного эффекта, может быть применена для прогнозирования экономической эффективности какого-либо процесса, протекающего во времени, так как $\Delta Q = Q - Q_0$ и $\Delta 3 = 3 - 3_0$ являются функциями времени. Принимая в качестве рабочей гипотезы равномерность распределения затрат на планируемый период (Δt), можно считать, что величина $\Delta 3$ пропорциональна величине Δt .

Полезный эффект процесса во времени обычно проявляется нелинейно, и наиболее близко его описывают (аппроксимируют) экспонентой, гауссианой или S-функцией. Причем гауссиана и S-функция, по сравнению с экспонентой, лучше отражают сравнительно медленный выход на номинальный (расчетный) режим («разгон») в начальной стадии развития процесса.

Для получения приближенных оценок приращение экономического эффекта иногда линеаризуют по всему периоду или участкам (кусочно-линейная аппроксимация), или, чаще всего, выражают в дискретных показателях с определенным шагом квантования (разбиения на конечное число интервалов) линейной функции, используя для этого ступенчатую функцию.

С учетом изложенного выше, в каждый конкретный момент времени можно спрогнозировать эффективность протекающего процесса освоения внедряемого варианта новой техники. Для этого, принимая $\Delta 3, \Delta t \rightarrow 0$, достаточно использовать переход правой части уравнения (2) к производной:

$$J = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \approx \frac{dQ}{dt} \rightarrow \max.$$

Полученный критерий эффективности процесса позволяет заметить, что процесс, аппроксимируемый S-функцией, менее эффективен в начале («разгон») и в конце процесса («торможение»), так как в эти периоды $dQ/dt \rightarrow 0$.

Таким образом, применение широко известного и хорошо отлаженного способа достижения цели (то есть применение базового варианта техники), даже если этот способ в значительной степени морально устарел, некоторое время продолжает обеспечивать наибольший экономический эффект, по сравнению с новой техникой, но будет недостаточно эффективным в перспективе. И, наоборот, имея в начальный период сравнительно невысокий экономический эффект, новая техника будет более эффективна в дальнейшем.

Для прогнозирования эффективности применения новой техники в интересах обеспечения безопасности на транспорте целесообразно разработать также концептуальный подход, позволяющий решать задачу прогнозирования эффективности не только в отношении одного (единственного) варианта новой техники (на основе его сравнения с базовым вариантом), но и в случае наличия нескольких различных альтернативных

вариантов новой техники (альтернатив), способных выполнить все заданные функции с требуемым качеством. В связи с этим безусловно, возникает задача выбора (отбора) одного варианта новой техники, как оптимального, из нескольких рассматриваемых (анализируемых) альтернатив, то есть задача оптимального выбора. Следует отметить, что указанная задача является трудноформализуемой [2, 3]. Решение таких задач на практике, как правило, производится на основе реализации творческого потенциала лица, осуществляющего указанный выбор.

Вместе с тем возникает и другая задача – задача прогнозирования обоснованности (качества) выбора оптимального варианта новой техники, а также характера математической зависимости качества выбора от количества рассматриваемых альтернативных вариантов. Решение данной задачи позволило бы спрогнозировать эффективность внедрения какого-либо варианта новой техники еще до начала его применения, то есть, в сущности, получить априорную оценку качества данного варианта техники.

Отметим, что указанный априорный анализ качества не только целесообразен, но и возможен. Безусловно, апостериорный анализ качества является более корректным, но его реализация требует определенных затрат, что может обусловить затруднения практического характера.

Для прогнозирования качества выбора нового варианта техники из нескольких альтернатив могут быть применены методы теории вероятностей. Используя понятийный аппарат данной теории, качество выбора оптимального варианта новой техники можно рассматривать как вероятность (P) выбора оптимального варианта новой техники из некоторого множества альтернатив.

Следует заметить, что рассматриваемый априорный анализ качества может быть использован только для сравнительной оценки различных условий решения задачи оптимального выбора. Так, например, можно утверждать, что в условиях выбора № 1 можно ожидать выбор более качественного варианта новой техники, чем в условиях выбора № 2, если значения качества условий выбора связаны соотношением $P_1 > P_2$. Кроме того, на основе сравнения априорных оценок качества различных условий выбора, можно сделать вывод о целесообразности рассмотрения при решении задачи выбора определенного количества (m) альтернативных вариантов новой техники.

С учетом изложенного выше, условная вероятность выбора оптимального варианта новой техники при рассмотрении (анализе) только одного варианта может определяться следующим образом:

$$p(1) = \frac{1}{m_{cp}},$$

где m_{cp} – количество альтернативных вариантов новой техники, в среднем достаточное для выбора оптимального варианта.

Отметим, что величина m_{cp} , по своему смыслу, является средней характеристикой и аналогична, например, среднему числу попаданий, необходимому для поражения объекта в теории стрельбы. В практических ситуациях количество альтернативных вариантов новой техники (m) может оказаться недостаточным или, наоборот, слишком большим для нормальных условий выбора. Это вызывает необходимость в определенных рациональных ограничениях. Причем, в зависимости от принятых ограничений, количество альтернативных вариантов достаточное для решения задачи оптимального выбора может отличаться от величины m_{cp} в меньшую или в большую сторону.

Безусловная вероятность выбора оптимального варианта новой техники при рассмотрении одного варианта может определяться следующим образом:

$$P_1 = p(1)P(1) = \frac{1}{m_{cp}} (1 - \exp(-\frac{\mu}{\Delta}))^n, \quad (4)$$

где $P(1)$ – вероятность выбора варианта новой техники, качество которого отклоняется от оптимального (требуемого) значения на величину, не превышающую максимально допустимое (абсолютное) отклонение каждого варьируемого параметра (определяющего качество) рассматриваемого варианта новой техники от его оптимального значения; μ – максимально допустимое (абсолютное) отклонение; Δ – среднее квадратическое отклонение; n – количество оптимизируемых параметров, определяющих качество рассматриваемого варианта техники.

Отметим, что оптимизация параметров конкретного образца техники (технического решения или технологии) практически осуществляется, как правило, путем проведения частичной или полной модернизации с целью достижения оптимальных значений функциональных характеристик.

Качество выбора оптимального варианта новой техники при рассмотрении m альтернатив может определяться следующим образом:

$$P_m = 1 - (1 - P_1)^m = 1 - \exp(-\alpha m), \quad (5)$$

где $\alpha = -\ln(1 - P_1)$.

Заметим, что в реальных условиях выбора оптимального варианта новой техники m_{cp} , μ , Δ , $n = const$. Следовательно, на основе анализа зависимостей (4) и (5) можно сделать вывод, что качество выбора оптимального варианта новой техники (P_m) зависит от количества рассматриваемых альтернативных вариантов (m), причем данная зависимость является нелинейной.

Следует отметить, что задача прогнозирования эффективности применения инновационных технических решений и технологий в интересах обеспечения безопасности на транспорте, с учетом всех ее многочисленных аспектов, имеет достаточно сложный характер. Это объясняется тем, что сама постановка этой задачи представляет собой формулировку научной проблемы, не получившей до настоящего времени окончательного решения.

Практика показывает, что при исследовании подобных научных проблем (то есть имеющих аналогичную или близкую по смыслу формулировку) в большинстве случаев содержательные и достоверные результаты прогноза получить не удастся. Сложность исследования таких проблем связана с целым рядом объективных факторов, среди которых, прежде всего, следует отметить несоответствие (обусловленное отсутствием непосредственной связи) в методологическом плане между уровнем анализируемого объекта (применение новой техники) и уровнем, на котором необходимо получить требуемые прогнозные оценки результатов влияния этого объекта (обеспечение безопасности на транспорте) [4]. Указанное несоответствие и обуславливает значительную долю неопределенности в результатах решения задачи прогноза.

Попытки преодолеть неопределенность на основе субъективного подхода (применение различных экспертных методов, использование аналогий и др.) существенно снижают достоверность и, как следствие, практическую значимость результатов прогноза. Следует заметить, что негативное и, как правило, непредсказуемое влияние субъективного фактора может проявляться не только при решении задачи прогноза, но и в реальном процессе внедрения новой техники (различные бюрократические издержки, неумение, а иногда и нежелание отдельных должностных лиц быстро осваивать новую технику,

отсутствие личного состава, обученного для эксплуатации и ремонта этой техники или недостаточно высокий уровень его подготовки и т.д.).

Кроме того, в процессе эксплуатации новой техники могут быть выявлены различные неустановленные ранее недостатки этой техники, которые способны оказать существенное влияние на результаты прогнозирования эффективности ее применения. К таким недостаткам, например, могут относиться непродуманные конструктивные, технологические и эргономические решения, несоблюдение принципа унификации, значительная трудоемкость технического обслуживания и ремонта, нерациональный состав комплекта ЗИП (запасные части, инструменты, принадлежности), экономическая неустойчивость предприятия-монополиста, осуществляющего производство новой техники и (или) ее комплектующих изделий и др. Таким образом, оснащение новой техникой само по себе не является гарантией ее эффективного применения, что, в конечном итоге, может отражаться на эффективности мероприятий обеспечения безопасности на транспорте.

Заметим, что рассмотренные концептуальные подходы предназначены для решения тех задач частных прогноза, которые непосредственно связаны с прогнозированием экономической эффективности применения новой техники и прогнозированием обоснованности (качества) выбора вариантов новой техники в интересах обеспечения безопасности на транспорте. Такие задачи нередко возникают в практике и, как правило, вызывают затруднения принципиального характера, обусловленные неоднозначностью их формализации и (или) отсутствием необходимого методологического инструментария.

Благодаря определенной универсальности предлагаемых концептуальных подходов, после требуемой доработки, они могут быть использованы не только для решения задачи прогнозирования эффективности применения инновационных технических решений и технологий в интересах обеспечения безопасности на транспорте, но и для решения других актуальных практических задач, в том числе в рамках комплексного обоснования принимаемых решений по планированию внедрения различных инноваций в современных экономических условиях [5].

Литература

1. Системный анализ и принятие решений / В.С. Артамонов [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2009. 378 с.
2. Поспелов Д.А. Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах. М.: Наука, 1989. 328 с.
3. Нечёткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / под ред. Д.А. Поспелова. М.: Наука, 1989. 312 с.
4. Астанков А.А. К вопросу об автоматизации органов управления тылом // Военно-теоретический журнал «Военная мысль». 2004. № 12.
5. О долгосрочных перспективах развития системы МЧС России (МЧС-2030): Доклад министра МЧС России Владимира Пучкова на заседании Экспертного совета МЧС России от 30 окт. 2012 г. // МЧС России. URL: <http://www.60.mchs.gov.ru> (дата обращения: 20.06.2015).