

Г.А. Лавринов, доктор экономических наук, профессор
А.Г. Подольский, доктор экономических наук, профессор

Роль и место неопределенности при разработке и применении экономико-математических моделей оценки продолжительности и стоимости мероприятий дорожных карт¹

В статье показана необходимость учета неопределенности при разработке и применении экономико-математических моделей оценки продолжительности и стоимости мероприятий, включаемых в дорожные карты по реализации национальных проектов. Приведены виды погрешностей, влияющих на неопределенность значений, сформированных с применением моделей, а также их роль в процессе верификации временных и стоимостных показателей. Изложена роль и место неопределенности в процессе формирования временных и стоимостных показателей таких мероприятий, в части проверки их адекватности и обеспечения целесообразности расходования бюджетных средств.

Сегодня принят целый ряд национальных проектов, а федеральными органами исполнительной власти (ФОИВ) формируются планы (дорожные карты) по их реализации в долгосрочном и краткосрочном периоде, в том числе по созданию и развитию высокотехнологичной продукции. На их реализацию предусмотрены значительные бюджетные средства, являющиеся одним из основных видов ресурсов, обеспечивающих скоординированную по целям и времени реализацию запланированных в дорожной карте мероприятий. Одними из основных показателей плановых документов являются стоимостные показатели, представляющие собой годовые и суммарные прогнозные объемы финансирования мероприятий дорожных карт, а также временные показатели, характеризующие начало реализации мероприятия и его продолжительность.

Реализуемость плановых документов и эффективность расходования бюджетных средств во многом зависят от уровня обоснованности прогнозных оценок временных и стоимостных показателей. Прогнозные оценки считаются обоснованными, если они получены с применением методического обеспечения, учитывающего основные факторы, влияющие на стоимость и продолжительность выполнения мероприятия, а также с использованием экономико-математических моделей, адекватно отражающих взаимосвязь факторов со стоимостными и временными показателями. Вопросы методического обеспечения обоснования стоимостных и временных показателей рассмотрены в [3, 5, 9, 11, 12, 19].

Несмотря на обоснованность прогнозных оценок им присуща неопределенность, которую необходимо учитывать в ходе разработки дорожных карт, включающих в себя работы по формированию временных и стоимостных показателей входящих в них мероприятий. Однако учету неопределенности при формировании указанных показателей и проведении технико-экономического анализа уделяется недостаточное внимание, что обусловило актуальность данной статьи. Неопределенность в значениях временных и стоимостных показателей, рассчитанных с применением экономико-математических моделей (ЭММ), вызвана [1, 2, 16, 18]:

- методической погрешностью прогнозирования;
- погрешностью в значениях исходных данных, используемых для формирования прогнозных

1 Статья подготовлена в рамках гранта РФФИ № 19-010-00027.

оценок временных и стоимостных показателей;

- субъективной погрешностью, обусловленной целенаправленным изменением расчетного значения, полученного с применением методического обеспечения.

Среди указанных видов погрешностей вторая и третья могут быть устранены путем проверки использованных исходных данных и порядка расчетов, предусмотренного методическим обеспечением. Поэтому далее основное внимание уделяется неопределенности, вызванной методической погрешностью, которая непосредственно связана с качеством экономико-математических моделей оценки продолжительности и стоимости мероприятий.

Методическая погрешность прогнозирования включает в себя, в общем случае, два вида погрешностей: систематическую и случайную. Под систематической понимается погрешность, которая может быть либо примерно одинаковой, либо закономерно изменяться по величине в определенном направлении. Систематическая погрешность является следствием неточного отражения ЭММ реального процесса формирования стоимости (продолжительности) выполнения мероприятия и/или микро- и макроэкономических параметров, от которых она зависит. Указанная погрешность может быть выявлена путем сравнения рассчитанных с применением ЭММ значений стоимостных и временных показателей с их фактическими данными прошлого периода.

Для устранения систематической погрешности первоначально осуществляется анализ параметров модели и, при необходимости, выполняется их корректировка. Уточненные значения параметров модели подставляются в ЭММ и используются для прогнозирования и выявления систематической погрешности, вызванной неточным видом модели и некорректным подбором учитываемых в ней факторов. Для этого осуществляется сопоставление рассчитанных с применением ЭММ значений продолжительности выполнения мероприятий с их фактическими значениями. При этом для обеспечения сопоставимости затрат они приводятся к единому расчетному году t_p .

Значения указанных расхождений определяются по формулам:

- для временных показателей:

$$\Delta T_i = T_{pi} - T_{\phi i}, \quad (1)$$

где T_{pi} – рассчитанная с применением ЭММ продолжительность реализации i -го мероприятия;

$T_{\phi i}$ – фактическое значение продолжительности реализации i -го мероприятия;

- для стоимостных показателей:

$$\Delta C_i(t_p) = C_{pi}(t_p) - C_{\phi i}(t_p), \quad (2)$$

где $C_{pi}(t_p)$ – рассчитанная с применением ЭММ стоимость реализации i -го мероприятия в ценах расчетного года t_p ;

$C_{\phi i}(t_p)$ – фактическое значение стоимости реализации i -го мероприятия в ценах расчетного года t_p .

На основании рассчитанных по формулам (1) и (2) значений формируются два множества:

Ω_B , содержащее расхождения значений расчетных и фактических временных показателей выполненных мероприятий;

Ω_C , содержащее расхождения значений расчетных и фактических стоимостных показателей выполненных мероприятий.

Предположим, что элементы указанных множеств включают только положительные или только отрицательные значения. Первоначально осуществляется проверка на наличие закономерности в изменении расхождений в зависимости от временного фактора, связанного с изменением организационно-технических условий реализации мероприятий, а также от других факторов, от-

ражающих облик высокотехнологичной продукции и процесс реализации мероприятий по ее созданию. Для этого используется аппарат корреляционного и регрессионного анализа [10, 13]. Если указанная взаимосвязь подтверждена, то осуществляется корректировка вида ЭММ.

Если взаимосвязь расхождений расчетных значений временных (стоимостных) показателей мероприятия с их фактическими значениями не подтверждается, то считается, что имеет место систематическая погрешность, которая характеризуется примерно одинаковым для различных мероприятий значением расхождения. В этом случае для определения величины систематической погрешности можно воспользоваться следующими зависимостями:

- для оценки величины систематической погрешности прогнозирования временного показателя:

$$\Delta T = \frac{\sum_{i=1}^N |T_{pi} - T_{\phi i}|}{N}, \quad (3)$$

где N – количество мероприятий, для которых осуществляется сопоставление расчетных и фактических значений продолжительности их реализации;

- для оценки систематической погрешности прогнозирования стоимостного показателя:

$$\Delta C(t_p) = \frac{\sum_{i=1}^N |C_{pi}(t_p) - C_{\phi i}(t_p)|}{N}. \quad (4)$$

Следует отметить, что значения систематических погрешностей временных и стоимостных показателей, рассчитанных по формулам (3) и (4), являются средними оценками систематических погрешностей, вокруг которых группируются значения отдельных расхождений. Это обусловлено приближенным отражением ЭММ процессов формирования временных и стоимостных показателей. Таким образом, значения ΔT и $\Delta C(t_p)$, рассчитанные по формулам (3) и (4), можно рассматривать как оценки математических ожиданий систематических погрешностей прогнозных значений временных и стоимостных показателей. Выявленная систематическая погрешность может быть устранена (уменьшена) путем корректировки ЭММ.

Не менее важным видом погрешности в прогнозных оценках временных и стоимостных показателей является случайная погрешность, значение которой невозможно определить, так как она зависит от факторов, не учтенных в ЭММ, используемой для прогнозирования стоимости (продолжительности) реализации мероприятия. Рассматриваемый вид погрешности изменяется случайным образом как по направлению, так и по величине. Она может быть приближенно охарактеризована определенным законом распределения, в качестве которого используется, как правило, нормальный закон.

Роль и место неопределенности, вызванной указанным видом погрешности, иллюстрирует процесс построения регрессионных зависимостей, связывающих расчетные значения временных и стоимостных показателей с факторами, от которых они зависят. Чем больше отклонения линии регрессии от фактических значений временных и стоимостных показателей завершаемых мероприятий, тем выше неопределенность их прогнозных значений. Поэтому в основе выбора вида регрессионной зависимости лежит, как правило, метод наименьших квадратов, состоящий в минимизации суммы квадратов указанных отклонений [6, 17]. Причем указанная неопределенность возрастает по мере увеличения отклонения значений факторов, характеризующих планируемое мероприятие, от средних значений факторов выполненных мероприятий, на основе которых построена регрессионная зависимость.

Неопределенность играет важную роль не только при прогнозировании значений временных и стоимостных показателей планируемых мероприятий, но и в процессе верификации их

прогнозных значений, проводимой в интересах разработки плановых документов [15]. Указанный процесс включает в себя два этапа, в основе которых лежит учет двух ключевых аспектов ценообразования: затратного и ценностного. Учет указанных аспектов, в силу их специфики, требует применения при верификации специальных методических подходов, важную роль при реализации которых играет неопределенность.

Выполнение первого этапа верификации связано с учетом затратного аспекта ценообразования, состоящего в том, что для реализации мероприятия необходимо на плановом периоде выделить достаточный объем бюджетных средств, который не должен быть необоснованно завышенным или заниженным. В ходе указанного этапа верификации проводится проверка запрашиваемых организациями объемов финансирования мероприятий и сроков их выполнения с целью выявления их возможного необоснованного завышения, приводящего к нерациональному расходованию бюджетных средств, или занижения, приводящего к значительному риску нереализуемости мероприятия.

На втором этапе осуществляется учет ценностного аспекта ценообразования, связанного с тем, что высокотехнологичная продукция характеризуется определенными потребительскими свойствами – эффектом от применения. Для государственного заказчика важно, чтобы финансирование мероприятий было целесообразным по комплексному критерию, учитывающему потребительские свойства образца и затраты на их достижение.

Рассмотрим роль и место неопределенности при выполнении первого этапа верификации. Для проведения указанного этапа верификации осуществляется формирование альтернативной прогнозной оценки временного (стоимостного) показателя с привлечением специализированной организации, которая применяет отличный от затратного метода подход. В результате сравнения верифицируемой и прогнозной оценки временного (стоимостного) показателя принимается решение либо о возможности использования верифицируемой оценки для разработки планового документа, либо о проведении дополнительного анализа с целью недопущения необоснованного завышения или занижения стоимостных (временных) показателей.

Верификация основана на следующих допущениях:

Допущение 1. В значениях альтернативных временных (стоимостных) показателей отсутствуют грубые, систематические и субъективные погрешности.

Допущение 2. Значения верифицируемого и соответствующего ему альтернативного показателя представляют собой оценки одного истинного значения временного (стоимостного) показателя.

Допущение 3. Случайная погрешность в определении значения альтернативного временного (стоимостного) показателя подчиняется нормальному закону распределения.

Введенные допущения, а также определенные с использованием ЭММ значения математического ожидания альтернативной оценки временного (стоимостного) показателя и ее среднего квадратического отклонения позволяют построить доверительный интервал, который с заданной доверительной вероятностью накрывает истинное значение временного (стоимостного) показателя. На рисунке 1 показаны области, каждая из которых характеризуется размером и вероятностью накрытия ею истинного значения временного (стоимостного) показателя мероприятия. Область, ограниченная критическими точками, соответствующими уровню значимости 0,1, характеризуется тем, что отклонение от математического ожидания альтернативной оценки временного (стоимостного) показателя обуславливается случайной погрешностью. Вероятность того, что указанная область накроет истинное значение времени (стоимости) выполнения мероприятия составляет 0,8.

При попадании верифицируемой оценки временного показателя в указанную область принимается, что она адекватно отражает продолжительность реализации мероприятия и может

быть использована для формирования дорожной карты. Если верифицируемая оценка стоимостного показателя мероприятия попала в область, ограниченную критическими точками, соответствующими уровню значимости 0,1, то выполняется второй этап верификации. Для его проведения осуществляется расчет верхней лимитной цены, представляющей собой максимально допустимую для заказчика цену, превышение которой делает расходование бюджетных средств в объеме равном значению верифицируемой оценки нецелесообразной с технико-экономической точки зрения [3].

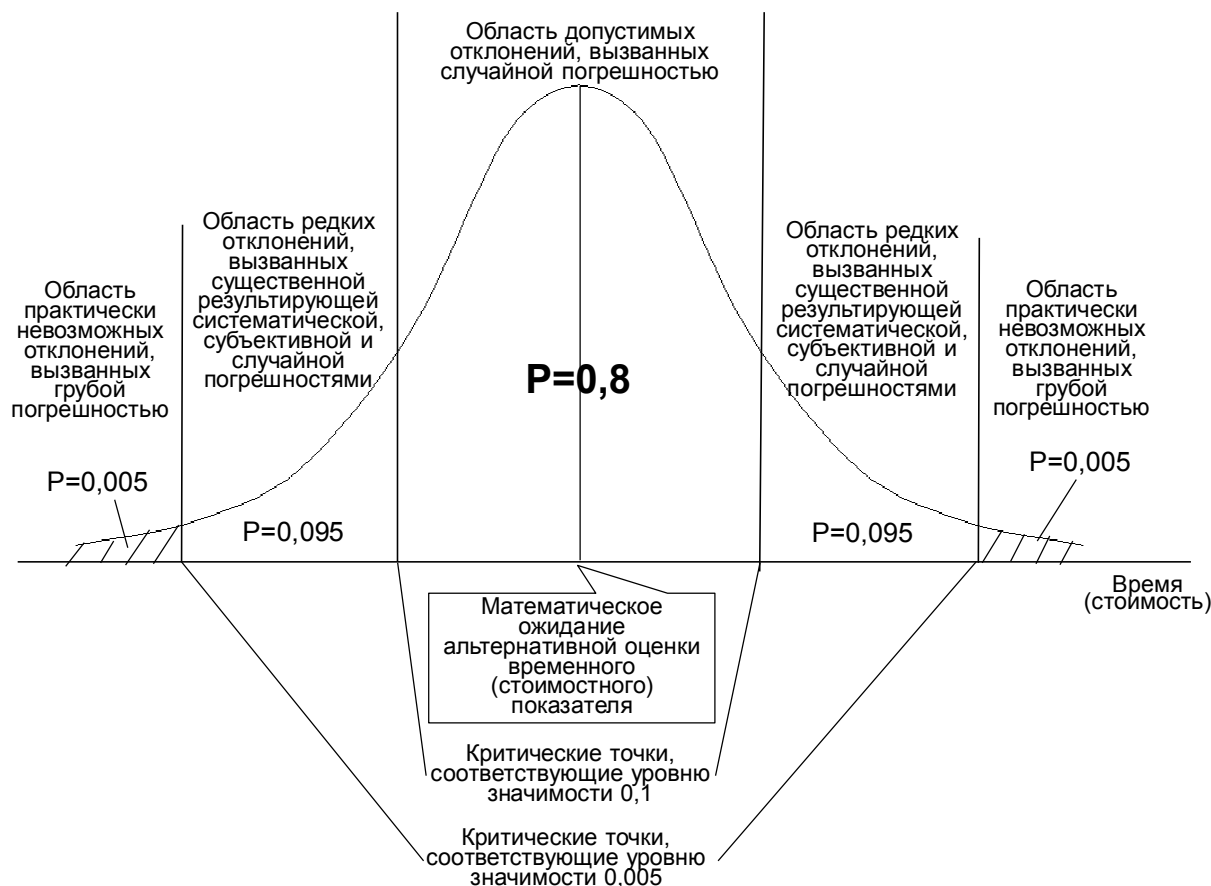


Рисунок 1 – Условное деление на области возможных значений временного (стоимостного) показателя мероприятия в зависимости от размера погрешности

Необходимость выполнения второго этапа верификации связано с тем, что принятие плановых решений осуществляется не только с учетом прогнозных значений стоимостных показателей, но и с учетом эффекта от применения высокотехнологичной продукции, который, в свою очередь, зависит от ее характеристик. То есть принятие решения осуществляется на основе комплексного критерия, учитывающего как ожидаемые затраты на реализацию мероприятий, так и ожидаемый эффект от применения высокотехнологичной продукции по своему функциональному назначению.

В условиях, когда существует, как правило, несколько альтернативных образцов, которые могут быть применены для достижения заданного эффекта, проводится технико-экономический анализ [4, 7, 8], в процессе выполнения которого учитывается степень неопределенности прогнозных значений временных и стоимостных показателей. В качестве альтернативных образцов могут выступать существующие образцы, модернизированные образцы и образцы нового поколения. В ходе технико-экономического анализа осуществляется не только сравнение сто-

имостных показателей альтернативных вариантов высокотехнологичной продукции, но и их сопоставление со значением верхней лимитной цены.

Методическое обеспечение определения верхней лимитной цены изложено в ряде публикаций [3, 14]. Ее значение имеет стохастический характер, так как зависит от множества факторов, например, точностных характеристик образцов, характеристик экзогенных факторов (в том числе природных), возможностей человека, комплексное влияние которых на результат применения высокотехнологичной продукции предусмотреть заранее и достоверно установить не представляется возможным. Отсюда следует, что прогнозная оценка стоимостного показателя мероприятия и его верхняя лимитная цена определяются с погрешностями. Это делает необходимым определение вероятности того, что прогнозная оценка стоимостного (верифицируемого) показателя планируемого мероприятия превысит значение верхней лимитной цены. Учитывая суть понятия верхней лимитной цены, указанная вероятность отражает возможность того, что бюджетные средства, выделяемые на выполнение мероприятия, будут израсходованы нецелесообразно с технико-экономической точки зрения.

Таким образом, неопределенность является объективной реальностью, которую необходимо учитывать при разработке ЭММ и их применении в ходе формирования стоимостных и временных показателей плановых документов. Ее корректный учет позволит своевременно выработать мероприятия по совершенствованию методического обеспечения и повысить эффективность расходования бюджетных средств, направляемых на реализацию мероприятий, включаемых в дорожные карты по реализации национальных проектов.

Список использованных источников

1. Агекян Т.А. Основы теории ошибок для астрономов и физиков. – М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1972. – 172 с.
2. Буравлев А.И., Брезгин В.С. Методы оценки эффективности применения высокоточного оружия. – М.: ИД Академии Жуковского, 2018. – 232 с.
3. Буравлев А.И., Буренок В.М., Лавринов Г.А., Подольский А.Г., Пьянков А.А. Методы военно-научных исследований систем вооружения. – М.: Граница, 2017. – 512 с.
4. Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения / Под ред. А.М. Московского – М.: Граница, 2005. – 520 с.
5. Буренок В.М., Косенко А.А., Лавринов Г.А. Техническое оснащение Вооруженных Сил Российской Федерации: организационные, экономические и методологические аспекты. – М.: Граница, 2008. – 728 с.
6. Венецкий И.Г., Венецкая В.И. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе. – М.: Статистика, 1974. – 279 с.
7. Викулов С.Ф. Экономика военного строительства: эволюция взглядов на проблемы, методы, решения. – М.: Граница, 2013. – 608 с.
8. Военно-экономический анализ / Под ред. С.Ф. Викулова – М.: Военное издательство, 2001. – 350 с.
9. Герасименко В.В. Ценообразование: Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 422 с.
10. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1977. – 479 с.
11. Желтякова И.А., Маховикова Г.А., Пузыня Н.Ю. Цена и ценообразование. Краткий курс: Учебное пособие. – СПб.: Питер, 1999. – 112 с.
12. Липсиц И.В. Ценообразование. Практикум: Учебное пособие для академического бакалавриата. – М.: Юрайт, 2017. – 336 с.

13. Мятлев В.Д., Панченко Л.А., Ризначенко Г.Ю., Терехин А.Т. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели: Учебник для академического бакалавриата. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2017. – 321 с.

14. Подольский А.Г. Верхняя лимитная цена: индикатор эффективного расходования бюджетных средств // Вооружение и экономика. – 2017. – № 1 (38). – С. 57-63.

15. Подольский А.Г. Процедурная модель верификации технико-экономических исходных данных, используемых для разработки государственной программы вооружения // Вооружение и экономика. – 2017. – № 1 (38). – С. 57-63.

16. Свешников А.А. Основы теории ошибок. – Л.: Издательство Ленинградского университета, 1972. – 122 с.

17. Сидняев Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: Учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2017. – 495 с.

18. Третьяк Л.Н., Воробьев А.Л. Основы теории и практики обработки экспериментальных данных: Учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / Под общ. ред. Л.Н. Третьяк. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2017. – 217 с.

19. Цены и ценообразование: Учебник и практикум для СПО / Под ред. Т.Г. Касьяненко. – М.: Юрайт, 2017. – 437 с.