

УДК 519.24

**КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ МНЕНИЙ
ЭКСПЕРТОВ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА И
ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРЕДСТАВЛЕННЫХ ДЛЯ
ФИНАНСИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ**

Ю.А. ЗАК

Предложена методика получения комплексной количественной оценки эффективности представленных на экспертизу проектов на основе обработки мнений группы независимых экспертов и построения ранжировочных рядов на основе предлагаемых в работе комплексных критериев эффективности. В качестве важных показателей результатов экспертизы учитывается рассогласованность мнений отдельных экспертов. Сформулированы ограничения, позволяющие исключить из дальнейшего рассмотрения проекты, не отвечающие заданным требованиям. Предложены модели нелинейного булевого программирования с целью подбора наиболее компетентной группы экспертов для каждого конкретного проекта.

ВВЕДЕНИЕ

Задача экспертизы инновационного проекта состоит в оценке его научного и технического уровня, эффективности использования полученных результатов в экономике и социальной сфере, а также возможностей его выполнения в установленные заданием сроки. На основании экспертизы принимаются решения о целесообразности его выполнения и объемах финансирования. Основной недостаток экспертизы заключается в том, что она в ряде случаев не позволяет объективно и корректно сопоставить и вынести заключение об эффективности и объемах финансирования различных альтернативных проектов.

Данная работа посвящена разработке комплексных подходов и комплексных критериев эффективности оценки качества инновационных проектов, а также математических методов принятия решений в случаях рассогласованности мнений отдельных экспертов.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Как правило, качество представленных для финансирования проектов подвергается экспертизе и оценивается по нескольким независимым критериям.

Таковыми критериями являются:

- научный и инновационный уровни, технологическая новизна, сложность и перспективность разработки;
- перспективы приложения полученных результатов в социальной, политической и экономической сферах, в создании новых рабочих мест, выходе новых видов продукции или услуг на внешний и внутренний рынки;
- соответствие объема разработки, ожидаемой эффективности полученных результатов запрашиваемым объемам финансирования;
- имеющийся научный задел и реальность выполнения разработки на должном научно-техническом уровне и в установленные сроки;
- предлагаемая организация планирования, методов контроля и управления разработкой, распределения работ между соисполнителями, манипулирования денежными, материальными и людскими ресурсами.

Каждый из этих критериев характеризует качество представленного проекта с различных сторон, определяется некоторой совокупностью показателей, отражающих эту сторону и в комплексной оценке качества учитывается с различными весовыми коэффициентами. Структура формирования комплексной оценки может быть представлена некоторым деревом (рисунок).

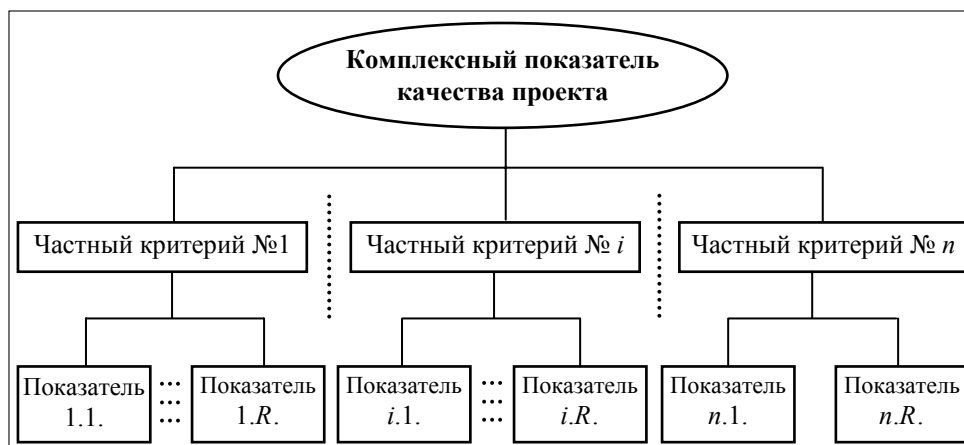


Рисунок. Структура формирования комплексной оценки качества проектов

С помощью весовых коэффициентов $\beta_{11}, \beta_{12}, \dots, \beta_{ir}, \dots, \beta_{nR}$ учитываются веса различных показателей в каждом из частных критериев, а с помощью весовых коэффициентов $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i, \dots, \alpha_n$ — значимость каждого из локальных критериев в комплексном показателе качества проектов.

Введем следующие обозначения: b_{ir} — некоторая количественная оценка r -го показателя в i -м частном критерии; B_i — некоторая количественная оценка значения i -го частного критерия; E — комплексная оценка качества проекта.

В практике экспертизы несколько независимых экспертов $k = 1, \dots, K$ на основе своих субъективных мнений выставляют оценки $b_{ir}(k)$ по каждому из показателей, на основе которых по принятым заранее правилам, алгоритмам и формульным выражениям вычисляются частные показатели ка-

чества проектов $B_i(k)$, а, затем, также средневзвешенный комплексный показатель эффективности проекта $E(k)$, отражающий мнение k -го эксперта.

В качестве помощи экспертам часто устанавливаются также диапазоны возможных значений каждого из показателей $b_{ir}(k) \in [b_i^1, b_i^2]$, а также диапазоны возможных значений каждого из частных критериев $B_i(k) \in [B_i^1, B_i^2]$. В случае нормированных значений весовых коэффициентов

$$0 \leq \beta_{ir} \leq 1, r = 1, \dots, R; \sum_{r=1}^R \beta_{ir} = 1, i = 1, \dots, n, \quad (1)$$

$$0 \leq \alpha_i \leq 1, i = 1, \dots, n; \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \quad (2)$$

устанавливается также диапазон изменения средневзвешенного комплексного показателя эффективности проекта $E(k)$:

$$E^1 = \min_{1 \leq i \leq n} B_i^1 \leq E(k) \leq \max_{1 \leq i \leq n} B_i^2 = E^2, E(k) \in [E^1, E^2], k = 1, \dots, K. \quad (3)$$

Заметим, что в случае выбора весовых коэффициентов в соответствии с условиями (1) и (2) необходимость в установлении диапазона возможных значений для каждого из частных критериев отпадает.

Если k -й эксперт установил значения каждого из показателей всех частных критериев равными $b_{ir}(k) \in [b_i^1, b_i^2]$, то количественная оценка средневзвешенного комплексного показателя эффективности проекта $E(k)$ вычисляется по формуле:

$$E(k) = \sum_{i=1}^n \alpha_i \sum_{r=1}^R \beta_{ir} b_{ir}(k), k = 1, \dots, K. \quad (4)$$

В качестве частных случаев выбора весовых коэффициентов могут рассматриваться случаи равенства всех весовых коэффициентов

$$\beta_{ir} = \frac{1}{R_i}, r = 1, \dots, R_i, \text{ либо } \beta_{ir} = 1, r = 1, \dots, R_i; i = 1, \dots, n; \quad (5)$$

$$\alpha_i = \frac{1}{n}, i = 1, \dots, n, \text{ либо } \alpha_i = 1, i = 1, \dots, n, \quad (6)$$

т.е. частные критерии определяются как сумма отдельных показателей, а комплексный средневзвешенный показатель эффективности проекта — в виде суммы нормированных значений частных критериев. В некоторых частных случаях значения $B_i(k) \in [B_i^1, B_i^2]$ должны быть представлены только в целых числах и после вычисления по формуле:

$$B_i(k) = \sum_{r=1}^R \beta_{ir} b_{ir}(k), i = 1, \dots, n, k = 1, \dots, K, \quad (7)$$

и на основе выставленных значений $b_{ir}(k)$ округляются субъективно экспертом до ближайшего целого.

Подобная процедура получения комплексной оценки эффективности проекта эксперта принята при экспертизе научных проектов, финансируемых Европейским Союзом. Эти методики отражены в большом количестве публикаций по данной тематике [1–6].

После получения комплексных оценок $E(k)$, $k=1, \dots, K$ в виде (4), представляющих в количественной форме мнения отдельных экспертов, должна быть сформирована результирующая обобщенная комплексная оценка эффективности проекта, отражающая общее мнение экспертизы. Эта оценка в настоящее время формируется на совместном совещании всех независимых экспертов в результате обсуждения и анализа принятых ими решений. В процессе такого обсуждения происходят корректировки некоторых индивидуальных субъективных решений и усреднение после этого индивидуальных, и зачастую уже скорректированных количественных показателей $E(k)$, $k=1, \dots, K$, с учетом весов $\gamma(k)$, отражающих авторитет отдельных экспертов

$$F = \sum_{k=1}^K \gamma(k) * E(k), \quad \gamma(k) > 0, \quad k=1, \dots, K, \quad \sum_{k=1}^K \gamma(k) = 1. \quad (8)$$

В формуле (8), как и в предыдущих выкладках, K — это количество экспертов принимающих участие в оценке эффективности проекта.

На основе вычисленных согласно выражению (8) значений, а в ряде случаев и обобщенных оценок значений частных критериев

$$\bar{B}_i = \sum_{k=1}^K \gamma(k) * B_i(k), \quad i=1, \dots, n, \quad (9)$$

сравнение их с некоторыми граничными (пороговыми) значениями \bar{F}^0 , а также B_i^0 делаются дальнейшие выводы об исключении проекта из дальнейшего рассмотрения, как неудовлетворяющего минимальному уровню поставленных требований. То есть, проект подлежит дальнейшему рассмотрению в случае, если

$$\bar{B}_i \geq B_i^0, \quad i=1, \dots, n, \quad F \geq \bar{F}^0. \quad (10)$$

В соответствии с убыванием вычисленного по формуле (8) значения F происходит ранжирование всех удовлетворяющих требованиям дальнейшего рассмотрения проектов по падению уровня их эффективности и приоритета.

Только в частных случаях возможны ситуации, когда $\gamma(k) = 1/K$, $k=1, \dots, K$, т.е. мнения всех экспертов равнозначны. В большинстве же случаев значения этих весовых коэффициентов формируются на основе процедуры обсуждения поставленной проблемы и устранения разногласий во мнениях экспертов на совещании.

Этап формирования общего мнения и выражения его в некоторой количественной форме носит субъективный характер и является наиболее слабым местом в принятой процедуре коллективной экспертизы проектов. В процессе совещания преимущество очень часто получает не мнение наибо-

лее компетентного в данном частном вопросе специалиста (эксперта), а лица обладающие наибольшим авторитетом, способностями убеждения и наиболее заинтересованного в отстаивании своего мнения. Повышению уровня эффективности принятия решений на этом этапе, в основном, и посвящена данная работа.

Очень часто мнения отдельных независимых экспертов могут существенно расходиться, и значения $B_i(k)$, $i = 1, \dots, n$, и $E(k)$, $k = 1, \dots, K$ отличаться друг от друга в очень значительных пределах. Такое часто бывает и в следствии того, что не все эксперты являются специалистами одинаковой квалификации, способными одинаково правильно оценить различные по своему направлению стороны проекта. Так, например, ученый в данной конкретной области знаний может правильно оценить научную и технологическую новизну, сложность и перспективность разработки, реальность выполнения ее в установленные сроки в условиях выделенных материальных ресурсов. Специалист по менеджменту наиболее силен в оценке организации планирования; методов контроля и управления разработкой; правильности распределения работ между исполнителями; манипулированием во времени денежными, материальными и людскими ресурсами. Экономист, социолог и специалист по маркетингу наиболее компетентен в оценке соответствия предполагаемых материальных и трудовых затрат запрашиваемым объемом финансирования, перспективах приложения полученных результатов в социальной, политической и экономической сфере, а также перспективности создания новых рабочих мест, выхода новых видов продукции или услуг на внешний и внутренний рынки. Именно эти сильные стороны отдельных экспертов с помощью соответствующего подбора весовых коэффициентов целесообразно было бы учесть при формировании на основе вычисленных значений $B_i(k)$, $i = 1, \dots, n$, $k = 1, \dots, K$, обобщенного показателя эффективности проектов. Может быть, в ряде случаев целесообразно привлекать таких специалистов для оценки лишь отдельных сторон разработки.

Важным показателем при принятии заключительных решений является также величина, характеризующая разброс мнений отдельных независимых экспертов, как в значении комплексного показателя эффективности $E(k)$, так и в значениях отдельных частных критериев $B_i(k)$. Именно этот показатель характеризует устойчивость и надежность вычисленного по формуле (8) значения обобщенного показателя эффективности F и степень доверия к его значению.

Представляет также интерес учет особых случаев, когда некоторый проект имеет отдельные чрезвычайно высокие показатели по определенным частным критериям, но не удовлетворяет установленным ограничениям по другим показателям. Так, например, проект открывает совершенно новое направление в отдельной области фундаментальных исследований, но социально-политические результаты этих исследований сегодня оценить очень трудно. В качестве второго примера может быть приведен проект, не содержащий большую научную новизну и не предполагающий развитие новых инновационных технологий, но результаты полученные в нем, имеют большое значение для социально-экономической и политической сферы или охраны окружающей среды, и связаны с расширением рынка, повышением

уровня занятости, а также появлением нового вида услуг и т.п. В методах объективной оценки эффективности и конкурентоспособности проектов должны быть предусмотрены механизмы, препятствующие возможностям исключения таких проектов из дальнейшего рассмотрения.

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОБОБЩЕННОГО КОМПЛЕКСНОГО
ПОКАЗАТЕЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТОВ.
ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ**

Каждый s -й проект, $s = 1, \dots, S$, рассматривается всеми независимыми друг от друга K экспертами $k = 1, \dots, K$. Каждый из экспертов имеет определенный вес $\bar{\gamma}(k)$ в данной тематике. Все весовые коэффициенты удовлетворяют условиям $0 < \bar{\gamma}(k) \leq 1$.

Кроме того, известны значения весовых коэффициентов $0 < \bar{\lambda}_i(k) \leq 1$, определяющие уровень компетентности k -го эксперта в оценках каждого i -го частного показателя.

Значения весовых коэффициентов $\bar{\gamma}(k)$, $\bar{\lambda}_i(k)$ определяются органами, принимающими решение и размещающими заказы на экспертизу проектов, в зависимости от уровня компетентности экспертов в соответствующей области, характеризующей их ученой степенью, научным званием, занимаемой должностью, количеством публикаций, количеством и значимостью выполненных проектов, качеством выполненных прошлым экспертиз и другими показателями.

После преобразований, обеспечивающих выполнение условий нормировки всех весовых коэффициентов, получаем

$$\gamma(k) = \frac{\bar{\gamma}(k)}{\sum_{k=1}^K \bar{\gamma}(k)}, \quad k = 1, \dots, K; \quad (11)$$

$$\lambda_i(k) = \frac{\bar{\lambda}_i(k)}{\sum_{i=1}^n \bar{\lambda}_i(k)}, \quad i = 1, \dots, n, \quad k = 1, \dots, K. \quad (12)$$

Обозначим

$$\mu_i(k) = \frac{\lambda_i(k)\gamma(k)}{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K \lambda_i(k)\gamma(k)}, \quad i = 1, \dots, n, \quad k = 1, \dots, K. \quad (13)$$

В процессе экспертизы каждый из независимых экспертов $k = 1, \dots, K$ определяет значения каждого из $r = 1, \dots, R_i$ показателей $b_{ir}(k) \in [b_i^1, b_i^2]$ частных критериев $i = 1, \dots, n$, которые должны принадлежать установленному ранее диапазону их возможных значений. Далее в соответствии с выражением (7) вычисляются значения частных критериев $B_i(k)$, $i = 1, \dots, n$, по мнению каждого из экспертов $k = 1, \dots, K$.

$$\min_{i \in I_l} B_i \geq G_l^1, \max_{i \in I_l} B_i \geq G_l^2, l = 1, \dots, L, \quad (17)$$

$$\sum_{i \in J_m} B_i \geq Q_m, m = 1, \dots, M. \quad (18)$$

В случае учета особых случаев (14) ограничения (16)–(18) могут быть представлены в виде:

$$B_i + \rho_i \sum_{i=1}^n \max(0, B_i - B_i^2) \geq d_i, i = 1, \dots, n, \quad (19)$$

$$\min_{i \in I_l} \{B_i + \mathcal{G}_l \max_{1 \leq i \leq n} [\max(0, B_i - B_i^2)]\} \geq G_l^1, \quad (20)$$

$$\max_{i \in I_l} \{B_i + \mathcal{G}_l \max_{1 \leq i \leq n} [\max(0, B_i - B_i^2)]\} \geq G_l^1, l = 1, \dots, L,$$

$$\sum_{i \in J_m} B_i + \nu_m \sum_{i=1}^n \max(0, B_i - B_i^2) \geq Q_m, m = 1, \dots, M. \quad (21)$$

Ограничения (16) требуют, чтобы оценка по каждому i -му частному критерию была не ниже заданной величины d_i . Ограничения (17) накладывают дополнительные требования, предусматривающие наличие одного из частных критериев из каждой l -й группы, по которому наихудшая (или наилучшая) средневзвешенная оценка должна быть выше минимального допустимого уровня G_l^1 или G_l^2 . Ограничения (18) накладывают требования, чтобы средневзвешенная сумма частных критериев каждой m -й группы была не ниже заданного уровня Q_m . В особых случаях (19)–(21) невыполнение этих условий может компенсироваться очень высоким значением некоторого другого j -го частного критерия, существенно превышающего принятые значения. Заметим, что для некоторых частных критериев такие ограничения могут отсутствовать. В определенных случаях экспертизы проектов такие ограничения могут отсутствовать как для всех частных критериев, так и для любых их подмножеств, составляющих различные группы.

Для проектов, у которых выполняется вся система ограничений (16)–(18) (или в общем случае (19)–(21)), вычисляется средневзвешенное значение обобщенного показателя эффективности проекта

$$E(s) = \sum_{i=1}^n \alpha_i B_i(s), \quad (22)$$

где

$$B_i(s) = \begin{cases} \sum_{k \in \bar{K}} \mu_i(k) * \bar{B}_i(s, k), & \text{if } \bar{B}_i(s, k) \leq D_i, k \in \bar{K}, \\ \sum_{k \in \bar{K}_1(s, i)} \mu_i(k) * \bar{B}_i(s, k) + \sum_{k \in \bar{K} / \bar{K}_1(s, i)} \mu_i(k) * \varphi_i[\bar{B}_i(s, k) + D_i(s, k)], & \\ & \text{if } \bar{B}_i > D_i. \end{cases} \quad (23)$$

В формуле (23) \bar{K} — множество всех экспертов; $\bar{K}_1(s, i)$ — подмножество экспертов, которые определили, что значение i -го частного критерия по s -му проекту находится в установленном экспертизой диапазоне и существенно не превышает предусмотренный уровень; $\bar{K}_2(s, i) = \bar{K} / \bar{K}_1(s, i)$ — подмножество экспертов, по мнению которых уровень i -го частного критерия по s -му проекту существенно (на величину $D_i(k)$) превышает предусмотренный уровень, что требует учета этого обстоятельства в общей оценке эффективности этого s -го проекта.

Все рассматриваемые и соответствующие установленной системе ограничений (19)–(21) проекты $s = 1, \dots, S_0$, где $S_0 \leq S$, выстраиваются в ранжировочный ряд в порядке убывания значения комплексного показателя эффективности $E(s)$:

$$\mathcal{G}_1 \succ \mathcal{G}_s \succ \dots \succ \mathcal{G}_{S_0-1} \succ \mathcal{G}_{S_0},$$

$$\text{if } E(\mathcal{G}_1) \geq E(\mathcal{G}_s) \geq \dots \geq E(\mathcal{G}_{S_0-1}) \geq E(\mathcal{G}_{S_0}). \quad (24)$$

СТОХАСТИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОЕКТА

Во многих случаях мнения экспертов, как в оценке отдельных показателей и частных критериев, так и в определении комплексной оценки эффективности проекта существенно различаются. Вследствие этого становится трудно сделать объективный и обоснованный вывод об исключении проекта из рассмотрения как не соответствующего некоторой системе ограничений и требований, а также сформировать окончательную обоснованную и устойчивую оценку его эффективности, отражающую общее мнение всей группы экспертов.

Ниже рассматриваются некоторые стохастические подходы в решении данной задачи.

Средневзвешенное значение каждого в i -го частного критерия в s -м проекте, определяемое k -м экспертом $\bar{B}_i(s, k)$, может рассматриваться как некоторая случайная величина. Значение этой случайной величины, определяемое группой экспертов, характеризуется математическим ожиданием (средним значением)

$$\bar{A}_i(s) = \sum_{k=1}^K \bar{\gamma}_i(k) * \bar{B}_i(s, k), \quad i = 1, \dots, n, \quad s = 1, \dots, S, \quad (25)$$

и дисперсией

$$\sigma^2[A_i(s)] = \frac{1}{K-1} \sum_{k=1}^K \bar{\gamma}_i(k) * [\bar{A}_i(s) - \bar{B}_i(s, k)]^2, \quad i = 1, \dots, n, \quad s = 1, \dots, S. \quad (26)$$

Определим диапазон возможных значений случайной величины

$$A_i(s) \in [A_i^1(s), A_i^2(s)],$$

где

$$A_i^1(s) = \min_{1 \leq k \leq K} \bar{B}_i(s, k), \quad A_i^2(s) = \max_{1 \leq k \leq K} \bar{B}_i(s, k), \quad i = 1, \dots, n, \quad s = 1, \dots, S. \quad (27)$$

Предположим, что случайные величины $\bar{B}_i(s, k)$ являются независимыми и равновероятными с вероятностями каждого из возможных значений равными $p_k = \frac{1}{K}$, $k=1, \dots, K$. Тогда функция распределения значений случайной величины $A_i(s)$ может быть представлена в виде:

$$p\{A_i(s)\} = \begin{cases} 0, & \text{if } A_i(s) \notin [A_i^1(s), A_i^2(s)], \\ A_i^1(s) + \frac{A_i(s)}{A_i^2(s) - A_i^1(s)}, & \text{if } A_i(s) \in [A_i^1(s), A_i^2(s)]. \end{cases} \quad (28)$$

На основе формулы (28) могут быть вычислены следующие значения:

- $\bar{A}_i^1(s)$ — удовлетворяющие условиям вероятности того, что значение случайной величины $A_i(s)$ будет меньше заданного значения, меньше или равна некоторого наперед заданного значения $p_i^1(s)$;
- $\bar{A}_i^2(s)$ — удовлетворяющие условиям вероятности того, что значение случайной величины $A_i(s)$ будет больше заданного значения, больше или равна некоторого наперед заданного значения $p_i^2(s)$,

$$\begin{aligned} \bar{A}_i^1(s) &= A_i^1(s) + \frac{p_i^1(s) * [E(s, k) - A_i^1(s)]}{A_i^2(s) - A_i^1(s)}, \\ \bar{A}_i^2(s) &= A_i^1(s) + \frac{p_i^2(s) * [E(s, k) - A_i^1(s)]}{A_i^2(s) - A_i^1(s)}, \end{aligned} \quad (29)$$

а также вероятности $P_i^1(s)$ того, что значение случайной величины $A_i(s)$ будет больше или равно некоторому установленному значению $\bar{B}_i^1(s)$, либо вероятности $P_i^2(s)$ того, что значение случайной величины $A_i(s)$ будет не меньше некоторого установленного значения $\bar{B}_i^2(s)$

$$P_i^1(s) = \frac{\bar{B}_i^1(s) - A_i^1(s)}{A_i^2(s) - A_i^1(s)}, \quad P_i^2(s) = \frac{\bar{B}_i^2(s) - A_i^1(s)}{A_i^2(s) - A_i^1(s)}. \quad (30)$$

Несогласованность мнений независимых экспертов при оценке i -го частного критерия в s -м проекте характеризуется величиной дисперсии этой оценки $\sigma^2[A_i(s)]$, и диапазоном различных значений этой величины $[A_i^1(s), A_i^2(s)]$, а также значениями $\bar{A}_i^1(s)$ и $\bar{A}_i^2(s)$, и вероятностями $P_i^1(s)$ и $P_i^2(s)$.

Аналогичным образом могут быть определены математическое ожидание $\bar{F}(s)$, дисперсия $\sigma^2\{F(s)\}$, диапазон возможных значений $F(s) \in [F^1(s), F^2(s)]$, соответствующие пороговые значения $\Phi^1(s)$, $\Phi^2(s)$, а

также $\bar{\Phi}^1(s)$, $\bar{\Phi}^2(s)$ и граничные вероятности $\bar{P}^1(s)$, $\bar{P}^2(s)$ для значений случайной величины $F(s)$ обобщенного показателя эффективности s -го проекта:

$$\bar{F}(s) = \sum_{k=1}^K \gamma(k) * E(s, k), \quad (31)$$

$$\sigma^2\{F(s)\} = \frac{1}{K-1} \sum_{k=1}^K [E(s, k) - \bar{F}(s)]^2, \quad (32)$$

$$F^1(s) = \min_{1 \leq k \leq K} E(s, k), \quad F^2(s) = \max_{1 \leq k \leq K} E(s, k), \quad (33)$$

$$\Phi^1(s) = F^1(s) + \frac{\bar{p}^1(s) * [E(s, k) - F^1(s)]}{F^2(s) - F^1(s)},$$

$$\Phi^2(s) = F^1(s) + \frac{\bar{p}^2(s) * [E(s, k) - F^1(s)]}{F^2(s) - F^1(s)}, \quad (34)$$

$$\bar{P}^1(s) = \frac{\bar{\Phi}^1(s) - A_i^1(s)}{A_i^2(s) - A_i^1(s)}, \quad \bar{P}^2(s) = \frac{\bar{\Phi}^2(s) - A_i^1(s)}{A_i^2(s) - A_i^1(s)}. \quad (35)$$

В задачах стохастической оценки качества проектов детерминированные ограничения (16)–(18) могут быть заменены вероятностными ограничениями вида:

$$p\{B_i(s) \geq d_i^1\} \geq \bar{p}_i, \quad i = 1, \dots, n, \quad s = 1, \dots, S; \quad (36)$$

$$p\{\min_{i \in I_l} B_i(s) \geq G_l^1\} \geq \bar{P}_l^1, \quad p\{\max_{i \in I_l} B_i(s) \geq G_l^2\} \geq \bar{P}_l^2, \quad l = 1, \dots, L, \quad s = 1, \dots, S; \quad (37)$$

$$p\{\sum_{i \in J_m} B_i(s) \geq Q_m\} \geq \bar{P}_m^3, \quad m = 1, \dots, M, \quad s = 1, \dots, S. \quad (38)$$

Для подмножества проектов $S^0 = \{1, \dots, S_0\}$, где $S_0 \leq S$, удовлетворяющих системе ограничений (36)–(38), построение ранжировочного ряда производится по убыванию значения

$$W_s = \bar{F}(s) + \omega * \sqrt{\sigma^2\{F(s)\}}, \quad (39)$$

где $0 < \omega \leq 1$ — некоторый коэффициент, учитывающий рассогласования мнений экспертов (на практике целесообразно выбирать $0,1 \leq \omega \leq 0,3$), либо по убыванию показателя H_s , определяемого по формуле:

$$p\{F_s \geq H_s\} \geq \eta, \quad (40)$$

где $\eta > 0,5$ — некоторое установленное заранее пороговое значение вероятности, либо по возрастанию значения вероятности \bar{p}_s , определяемой по формуле:

$$p\{F_s \geq \bar{F}\} \geq \bar{p}_s, \quad (41)$$

где \bar{F} — некоторое установленное граничное значение обобщенного показателя эффективности проектов.

Понятно, что при равных значениях математического ожидания обобщенного показателя эффективности для проектов s_1 и s_2 , т.е. при $\bar{F}(s_1) = \bar{F}(s_2)$, значения H_s и \bar{p}_s будут большими и, следовательно, предпочтение получит тот проект, у которого значение среднеквадратического отклонения обобщенного показателя эффективности $\sigma^2\{F(s)\}$ будет меньше, т.е. проект, у которого мнения экспертов при оценке отдельных показателей и частных критериев более согласованы. То есть, проект s_1 будет предпочтительнее проекта s_2 , если

$$\bar{F}(s_1) \geq \bar{F}(s_2), \text{ и } \sigma^2\{F(s_1)\} \leq \sigma^2\{F(s_2)\}. \quad (42)$$

При этом условия $\bar{F}(s_1) > \bar{F}(s_2)$ и $\sigma^2\{F(s_1)\} \leq \sigma^2\{F(s_2)\}$, либо $\bar{F}(s_1) \geq \bar{F}(s_2)$ и $\sigma^2\{F(s_1)\} < \sigma^2\{F(s_2)\}$ могут рассматриваться как условия явного предпочтения проекта s_1 проекту s_2 .

ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО ПОДБОРА ЭКСПЕРТОВ

В банке данных экспертов, кроме персональных данных, содержится следующая количественная информация о каждом k -м эксперте: t_{kg} — показатель, определяющий уровень компетентности k -го эксперта в g -й области знаний. Дифференциация области знаний может осуществляться с любой наперед заданной точностью. Значение t_{kg} может измеряться, например, в диапазоне $t_{kg} \in [0; 1,0]$. Самому высокому уровню компетентности соответствует значение 1,0, а отсутствие компетентности в данном вопросе — значение 0; θ_{ki} , $i = 1, \dots, n$, — некоторый вектор, компоненты которого суть действительные положительные числа в диапазоне $\theta_{kg} \in [0; 1,0]$, определяющие относительную компетентность данного эксперта в оценке каждого частного критерия эффективности проекта. Значения θ_{ki} нормированы, т.е.

$$\theta_{ki} \geq 0, \quad i = 1, \dots, n, \quad \sum_{i=1}^n \theta_{ki} = 1; \quad C_{kg} \text{ — стоимость привлечения } k \text{-го эксперта}$$

к экспертизе проекта из g -й области знаний.

Пусть заданы значения весовых коэффициентов α_i , $i = 1, \dots, n$, удовлетворяющие условиям нормировки (2) и определяющие вес каждого из частных критериев в комплексном показателе эффективности проекта. Задача

выбора из банка данных оптимального состава группы, состоящей из K экспертов ($M > K$), обеспечивающей наиболее правильную и объективную экспертизу данного проекта, может быть сформулирована в виде следующей задачи нелинейного булевого программирования

$$\psi(x_1, \dots, x_k, \dots, x_M) = \sum_{i=1}^n \alpha_i \left(\frac{K}{n} - \sum_{k=1}^M \theta_{ki} x_k \right)^2 \rightarrow \min \quad (43)$$

в условиях следующей системы ограничений:

Если $x_k = 1$, то необходимо, чтобы

$$t_{kg} x_k \geq T_g. \quad (44)$$

Здесь g — индекс различных показателей в частных критериях оценки эффективности проектов.

$$x_k = 0 \vee x_k = 1, \quad k = 1, \dots, M, \quad \sum_{k=1}^M x_k = K, \quad (45)$$

$$\sum_{k=1}^M C_{kg} x_k \leq \bar{C}_0, \quad (46)$$

$$\min_{1 \leq k \leq M} \theta_{ki} x_k \geq L_i, \quad i = 1, \dots, n. \quad (47)$$

Неравенство (46) определяет ограничение на максимальную стоимость проведения экспертизы, а выражение (47) — ограничение на требуемый уровень компетентности при выборе экспертов для оценки i -го частного критерия.

В математической модели (43)–(47) приняты следующие обозначения: x_k — булева переменная, определяющая, привлекается ли k -й эксперт к экспертизе данного проекта ($x_k = 1$) или нет ($x_k = 0$); M — количество экспертов, информация о которых содержится в банке данных; T_g — минимальное значение уровня компетентности в g -й области знаний, при котором эксперт может быть включен в данную группу (некоторое число $T_g \in [0, 100]$); \bar{C}_0 — допускаемая (граничная) стоимость экспертизы; L_i — минимальное значение уровня компетентности группы экспертов, необходимое для оценки i -го частного критерия (некоторое число $L_i \in [0, 1, 0]$). Это число определяет количество экспертов в группе.

Ограничение (44) не допускает возможности включения в состав группы экспертов, уровень компетентности которых в данной области знаний ниже заданного. Это позволяет уже на предварительном этапе решения задачи на основе отсева некомпетентных в данной области знаний экспертов сократить количество рассматриваемых булевых переменных до величины $M_1 \leq M$. Ограничение (46) предусматривает недопустимость превышения стоимости экспертизы проекта выше некоторого уровня \bar{C}_0 . С помощью ограничения (47) удастся включить в состав группы экспертов специали-

стов, способных с заданным уровнем компетентности оценить каждый частный критерий эффективности проекта. Так, например, не допустимыми являются такие ситуации, когда в составе группы есть только такие специалисты, которые способны компетентно оценить только научную, технологическую и инновационную сторону проекта. Однако они не в состоянии сделать правильных выводов о возможности и перспективах выхода полученных в проекте результатов на внутренние и внешние рынки, влияние полученных результатов на социальную и политическую сферы. Эти эксперты также не могут дать объективное заключение о структуре и организации управления разработкой, правильности манипулирования материальными, стоимостными и трудовыми ресурсами.

В качестве критерия оптимальности (43) выбран некоторый квадратичный функционал, учитывающий относительную средневзвешенную (в зависимости от весов отдельных частных критериев в комплексном показателе эффективности проекта и компетентности экспертов в оценке каждого частного критерия) равномерность распределения компетентности экспертов в оценке всех сторон проекта (т.е. каждого из частных критериев). Выражение (43) должно обеспечить при формировании коллективного мнения экспертов приблизительно с равной компетентностью (с учетом выбранных весовых коэффициентов важности частных критериев в обобщенном показателе эффективности) оценить все стороны и показатели проекта.

Сформулированная задача (43)–(47) является задачей квадратического булевого программирования большого размера. Получение достаточно эффективного приближенного решения этой задачи не входит в рамки данной работы и может быть получено, например, генетическими алгоритмами.

ВЫВОДЫ

1. Предложена методика получения количественной комплексной оценки эффективности представленных на экспертизу проектов на основе обработки мнений независимых экспертов. Эта оценка формируется в виде некоторой функции количественных оценок значений отдельных показателей и частных критериев эффективности проекта, выставленных экспертами. Сформулированы ограничения, позволяющие исключить из дальнейшего рассмотрения проекты, не отвечающие заданным требованиям.

2. В отличие от используемых в практике методик, в качестве важных показателей результатов экспертизы учитывается рассогласованность мнений отдельных экспертов как в оценке отдельных частных критериев, так и в комплексной оценке эффективности проекта. Предложено давать определенные дополнительные преимущества проектам, имеющим высокие и превосходящие установленный уровень по отдельным частным критериям показатели, и в ряде случаев не исключать их из дальнейшего рассмотрения даже в условиях, когда они не соответствуют установленному по отдельным другим показателям граничному уровню.

3. Предложены стохастические алгоритмы обработки отличающихся друг от друга мнений экспертов, позволяющие получить устойчивые и надежные выводы относительно эффективности проекта, целесообразности

исключения проектов из дальнейшего рассмотрения и построения ранжировочных рядов эффективности представленных на экспертизу проектов.

4. Сформулирована в виде модели нелинейного булевого программирования задача подбора наиболее компетентной группы экспертов каждого конкретного проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Инновационная деятельность МП: учеб. пособ.* — <http://www.dist-cons.ru/modules/innova/section7.html>.
2. *Грановский Ю.В.* Об оценке эффективности научных исследований // *Научно-ведческие исследования, 2008: сб. науч. тр.* — М.: РАН. ИНИОН, 2008. — С. 193–210.
3. *Азгальдов Г.Г., Костин А.В.* К вопросу о термине «инновация» // *Труды лаборатории В.Н. Лившица.* — М.: Изд. ЦЭМИ РАН, 2009. — С. 62–71.
4. *Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция).* — М.: Экономика, 2000. — 193 с.
5. *Heesen M.* Innovationsportfoliomanagement. Bewertung von Innovationsprojekten in kleinen und mittelgroßen Unternehmen der Automobilzulieferindustrie. — Gabler, 2009. — 303 p.
6. *Сойфер В.Н.* Новый механизм экспертизы научных проектов. — http://www.rfbr.ru/old/pub/vestnik/V6_96/SOIFER.ru.html.

Поступила 16.01.2010