Использование экспертных оценок в условиях дефицита информации в инновационной экономике

Д. Ю. Субботницкий
Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

Переход к инновационному развитию экономики подразумевает ускорение экономического роста и появление новых отраслей промышленности. Усложняющаяся система экономических связей как на национальном, так и на международном уровне делает макроэкономическое прогнозирование все более сложным. Каждый серьезный экономический подъем, сопровождающийся ускоренным развитием производительных сил общества и активным внедрением инноваций, сменяется со временем кризисом, причины которого часто остаются до конца неясными (наиболее известный пример — Великая депрессия в США). Для моделирования подобных «внезапных кризисов» часто удобно использовать экспертные оценки. Эксперты, обладающие опытом в соответствующей сфере и часто располагающие инсайдерской информацией, могут высказывать достаточно обоснованные суждения о возможности кризиса [1].

При оценивании сложных систем, характерных для инновационной экономики, вероятности того, что в будущем система перейдет в то или иное состояние, часто не могут быть определены при помощи использования обычных статистических методов по имеющимся у исследователя историческим данным [2]. В связи с этим исследователю приходится привлекать к оценке вероятностей экспертов, которые, в свою очередь, обычно не могут дать точных числовых оценок вероятностей наступления рассматриваемых событий и выражают свои суждения путем сравнения отдельных возможных исходов (заявляя, что один из них вероятнее другого, оба примерно равновероятны и т. п.). Опять же, различные эксперты могут упорядочивать альтернативы по-разному даже обладая одной и той же информацией [3].

Метод рандомизированных вероятностей позволяет создавать довольно простые стохастические модели неопределенности для определения вероятностей реализации различных вариантов развития системы, что позволяет использовать все имеющиеся у исследователя неточные, нечисловые и неполные данные (собственно ННН-информацию), причем как о вероятностях исследуемых альтернатив, так и о сравнительной значимости и надежности используемых источников информации [4].

Будем считать, что нам известно состояние системы в текущий момент времени, и нам нужно составить прогноз того, в какое состояние она перейдет в будущем. Инновационная экономика характеризуется высоким уровнем неопределенности, на нее влияет большое количество факторов, причем не только экономических, например, большое значение приобретает научно-технический прогресс — появляются новые отрасли промышленности, происходят значительные изменения в старых. Кроме того, возрастает роль государства в экономике — если в XIX веке оно могло ограничиваться ролью «ночного сторожа», занимающегося сбором налогов и охраной общественного порядка, то на современном этапе, при ускоренном внедрении инновационных технологий, крайне важны государственные инвестиции в науку и образование. Особенно характерно это для крупных государств, обладающих значительными ресурсами и для государств, характеризующихся «догоняющей моделью» развития. Государство определяет собственные приоритеты в рамках инновационной экономики, как правило, обращая особое внимание на военно-промышленный комплекс, космическую отрасль, авиастроение и некоторые другие отрасли обрабатывающей промышленности (так или иначе связанные с инновационными технологиями). В этом плане достаточно сложно предсказать варианты развития экономики в зависимости от действий государства, часто определяющихся политическими мотивами и неэкономическими целями, например, достаточно неожиданным было появление госкорпораций в сфере высоких технологий («Роснанотех», «Ростехнологии», «Росатом»). Увеличение государственных инвестиций в инновационные отрасли, рост государственных закупок (например, высокотехнологичной аппаратуры для армии) может оказать значительное влияние на развитие экономики и, соответственно, сделать его менее предсказуемым.

Предположим, что рассматриваемая финансово-экономическая система в определенный момент времени t_0 может, к моменту времени $t_1 = t_0 + \tau$, перейти в одно и только одно из состояний (альтернатив, вариантов) $A_1, A_2, ...A_n$, образующих полную группу попарно несовместных событий, то есть $A_1 \cup A_2 \cup ... \cup A_n = \Omega$, $A_i \cap A_j = \varnothing$, $i \neq j$ [5]. Положим, что исследователь обладает информацией I двух типов — ординальной (нечисловой) информацией OI, выражаемой соотношениями вида $p_i > p_j$, $p_l = p_k$, и интервальная (неточная) информация II, определяемая диапазонами $[a_i, b_i]$, $0 \leq a_i \leq b_i \leq 1$, $i = \overline{1,n}$, в которых могут находиться вероятности p_i, $i = \overline{1,n}$ рассматриваемых альтернатив $A_1, A_2, ...A_n$ [6]. Таким образом, нечисловая и неполная информация $I = OI \cup II$, задает систему равенств и неравенств для вероятностей p_i, $i = \overline{1,n}$, альтернатив $A_1, A_2, ...A_n$. Информация неполна, если имеющихся данных недостаточно для однозначного определения вероятностей. В этом случае мы будем говорить, что исследователь оперирует с ННН-информацией (неточной, неполной, нечисловой) [7].

В случае, если имеется несколько источников информации $I_1, ...I_m$, можно считать, что из каждого источника I_j исследователь получает ННН-информацию о вероятностях p_i, $i = \overline{1,n}$, альтернатив $A_1, A_2, ...A_n$. Следовательно, можно говорить о том, что исследователь обладает совокупной информацией I, являющейся кортежем $I = (I_1, ...I_m)$, состоящим из систем соответствующих равенств и неравенств, получаемых из всех доступных источников информации $I_1, ...I_m$ [8].

Предположим дополнительно, что в распоряжении исследователя имеется ННН-информация J, характеризующая сравнительную значимость мнений экспертов и различных источников информации (что часто также является довольно проблематичным). Поскольку сравнительная значимость считается известной, то ННН-информация J может быть описана системой равенств и неравенств для весовых коэффициентов $w_1, ..., w_m$, $w_i \geq 0$, $w_1 + ... + w_m = 1$ [9].

Следовательно, всю доступную исследователю ННН-информацию можно выразить в виде следующего кортежа: $(I; J) = ((I_1, ...I_m); J)$, где I_j — информация о вероятностях p_i, $i = \overline{1,n}$ вариантов (альтернатив) A_i, $i = \overline{1,n}$, получаемых из источника j, J — ННН-информация, характеризующая сравнительную значимость мнений отдельных экспертов для оценки вероятностей возможных вариантов развития исследуемой сложной финансово-экономической системы [10].

Учет ННН-информации ограничивает множество $P(r)$ всех возможных векторов $p = (p_1, \ldots p_n)$ вероятностей альтернатив A_i, $i = \overline{1,n}$, до множества всех допустимых (с точки зрения рассматриваемого источника информации) векторов вероятностей $P(r, I_j)$ [11]. В результате, имеем, что информация I_j, которую исследователь получает из источника j, определяет вектор вероятностей $p = (p_1, \ldots p_n)$ с точностью до множества $P(r, I_j)$. Рандомизируя выбор вектора вероятностей $p = (p_1, \ldots p_n)$ из множества $P(r, I_j)$, получим случайный равномерно распределенный на $P(r, I_j)$ вектор $\widetilde{p}(I_j) = (\widetilde{p}_1(I_j), ...\widetilde{p}_n(I_j))$ [12].

Отметим, что компонента $\widetilde{p}_i(I_j)$ случайного вектора $\widetilde{p}(I_j)$ является рандомизированной оценкой вероятности альтернативы A_i, соответствующая информации I_j, полученной из источника j. Для случайных величин $\widetilde{p}_i(I_j)$, $i = \overline{1,n}$, можно рассчитать математическое ожидание $\overline{p}_i(I) = E\widetilde{p}_i(I)$ и дисперсию $D\widetilde{p}_i(I)$ (стандартное отклонение $\sigma_i(I) = \sqrt{D\widetilde{p}_i(I)}$) [8]. Величину математического ожидания $\overline{p}_i(I)$ рандомизированной вероятности $\widetilde{p}_i(I_j)$ можно считать оценкой вероятности p_i альтернативы A_i, полученной с помощью информации I_j. Точность оценки $\overline{p}_i(I)$ определяется с помощью стандартного отклонения $\sigma_i(I)$ [13].

Из совокупности случайных векторов $\tilde{p}(I_j) = (\tilde{p}_1(I_j),...\tilde{p}_n(I_j))$, $j = \overline{1,m}$, получим вектор $\tilde{p}^{(i)} = (\tilde{p}_i(I_1),...\tilde{p}_i(I_m))$ рандомизированную многокритериальную оценку вероятности p_i альтернативы A_i. Следует отметить, что рандомизацию нужно проводить таким образом, чтобы для случайных величин $\tilde{p}_i(I_l)$, $l = \overline{1,m}$, соблюдалось условие независимости в совокупности. Для свертки получаемой таким образом многокритериальной оценки в единую оценку вероятности альтернативы A_i будем использовать информацию J [1].

Учитывая информацию J для весовых коэффициентов (о сравнительной значимости источников информации), получим множество $W(m;J)$, состоящее из весовых векторов, допустимых с точки зрения ННН-информации J. Следовательно, ННН-информация J, характеризующая сравнительную значимость экспертов $I_1,...I_m$, определяет вектор весов (весовых коэффициентов) $w = (w_1,...,w_m)$ с точностью до множества $W(m;J)$ [9]. Рандомизируя неопределенность выбора вектора весовых коэффициентов из множества $W(m;J)$ получим случайный вектор $\tilde{w}(J) = (\tilde{w}_1(J),...,\tilde{w}_m(J))$, равномерно распределенный на множестве $W(m;J)$ допустимых векторов. Здесь элемент $\tilde{w}_h(J)$ полученного выше вектора следует рассматривать как рандомизированную оценку веса (значимости) информации I_h, получаемой из источника h [14].

Следовательно, для каждой альтернативы A_i исследователь имеет рандомизированную многокритериальную оценку, которая представляет собой случайный вектор $\tilde{p}^{(i)}$ с независимыми компонентами. Более того, исследователю известен рандомизированный вектор весовых коэффициентов $\tilde{w}(J)$, с компонентами, представляющими собой рандомизированные оценки относительной значимости отдельных источников информации [15].

Используя полученные данные можно построить дважды рандомизированную сводную оценку $\tilde{\tilde{p}}_i(I,J) = \tilde{p}_i(I_1)\cdot\tilde{w}_1(J) + ... + \tilde{p}_i(I_m)\cdot\tilde{w}_m(J)$ вероятности p_i альтернативы A_i, учитывающую всю имеющуюся у исследователя ННН-информацию $(I;J) = ((I_1,...I_m);J)$. Для этой оценки, учитывая независимость случайных величин $\tilde{p}_i(I_j), \tilde{w}_j(J)$, можно вычислить математическое ожидание $\overline{\overline{p}}_i(I,J) = E\tilde{\tilde{p}}_i(I,J)$ и стандартное отклонение $\sigma_i(I,J) = \sqrt{D\tilde{\tilde{p}}_i(I,J)}$ [16].

Результаты, описанные выше, могут быть описаны в виде следующего алгоритма оценки вероятностей вариантов (альтернатив) по ННН-информации, получаемой из различных источников, характеризующихся разными степенями значимости [3]. Сначала исследователь учитывает ННН-информацию $I_1,...I_m$, которая поступает из m различных источников и позволяет построить матрицу $(\overline{p}_i(I_j))$, $i = \overline{1,n}$, $j = \overline{1,m}$, усредненных оценок вероятностей альтернатив. Строки данной матрицы — вектора $\overline{p}(I_j)$, компонентами которых являются усредненные оценки вероятностей альтернатив, соответствующие ННН-информации, получаемой из одного из источников [5]. Транспонированным столбцом данной матрицы является вектор, элементы которого — усредненные оценки вероятности p_i альтернативы A_i. На следующем шаге полученные оценки $\overline{p}_i(I_1),\ldots,\overline{p}_i(I_m)$ вероятности p_i альтернативы A_i синтезируются в сводную оценку $\overline{\overline{p}}_i(I,J)$, характеризующейся стандартным отклонением $\sigma_i(I,J) = \sqrt{D\tilde{\tilde{p}}_i(I,J)}$. Конечные результаты оценивания вероятностей альтернатив можно представить в виде соотношений $\overline{\overline{p}}_i(I,J) \pm \sigma_i(I,J)$ [17].

Развитие инновационной экономики предполагает рост значения стратегического прогнозирования — часто инвестиции в высокие технологии становятся экономически эффективными не сразу, а через несколько периодов времени («шагов» в МРВ). Особенно это касается фундаментальных исследований, практические приложения которых станут возможны нескоро. В связи с этим часто нужно проследить варианты развития экономики на несколько шагов вперед — то, что принесет одни убытки через год, через десять лет может стать основой экономического (а часто и военного) могущества государства. В качестве примера, можно привести исследования в области расщепления радиоактивности и расщепления атома. От открытия радиоактивности (1896 г., А. Беккерель) до строительства первого ядерного реактора (1942 г., группа Э. Ферми, Чикагский университет) прошло почти полвека. Но создание ядерного оружия превратило США в сверхдержаву, обеспечив им лидерство в послевоенном мире. Поэтому весьма важно иметь возможность последовательного прогнозирования на основании экспертных оценок. Серьезной сложностью в этом вопросе может стать определение изменения общей погрешности в прогнозе.

При последовательном применении МРВ на протяжении нескольких шагов (периодов) возникает необходимость найти суммарную погрешность оценок на последнем шаге [11]. Примером такой ситуации может служить принятие субъектами решений в зависимости от того, какие действия были предприняты ранее (на предыдущих шагах). В данном разделе рассматривается обобщенный МРВ, применяемый для прогнозирования повторяющихся действий (событий) (подробнее см. [18]). Рассмотрим одну из возможных последовательностей (будем считать, что в момент (на шаге) t_0 был выбран вариант A_i, в t_1 — A_2, и т. д.). Получим последовательность $(A_0, A_1, \ldots, A_n)$, где A_0 — состояние в начальный момент t_0, A_n — в конечный t_n.

Случайные вероятности $\tilde{p}_1,...,\tilde{p}_n$ перехода от предыдущего состояния A_i к последующему A_{i+1} $\tilde{p}_1,...,\tilde{p}_n$ независимы в совокупности. Введем следующие обозначения: $E\tilde{p}_i = \mu_i$, $D\tilde{p}_i = \sigma_i^2$. Вероятность перехода из начального состояния A_0 в завершающее последовательность состояние A_n представляет собой произведение $\tilde{p} = \tilde{p}_1 \cdot \ldots \cdot \tilde{p}_n = \prod_{i=1}^{n} \tilde{p}_i$ [19].

Вычислим математическое ожидание $\tilde{p}$, учитывая независимость $\tilde{p}_1,...,\tilde{p}_n$:

$$E\tilde{p} = E(\prod_{i=1}^{n} \tilde{p}_i) = \prod_{i=1}^{n} E\tilde{p}_i = \prod_{i=1}^{n} \mu_i \,. \tag{1}$$

Рассчитаем дисперсию случайной величины $\tilde{p}$:

$$D\tilde{p} = E\tilde{p}^2 - (E\tilde{p})^2 = E(\prod_{i=1}^{n} \tilde{p}_i)^2 - (E\prod_{i=1}^{n} \tilde{p}_i)^2 = \prod_{i=1}^{n} E(\tilde{p}_i^{\,2}) - \prod_{i=1}^{n} (E\tilde{p}_i)^2 \,.$$

Поскольку $D\tilde{p}_i = E(\tilde{p}_i^2) - (E\tilde{p}_i\,)^2$, и $E(\tilde{p}_i^2) = D\tilde{p}_i + (E\tilde{p}_i\,)^2 = \sigma_i^2 + \mu_i^2$, то:

$$D\tilde{p}_i = \prod_{i=1}^{n} (\sigma_i^2 + \mu_i^2) - \prod_{i=1}^{n} \mu_i^2 \,. \tag{2}$$

Рассмотрим теперь взаимную зависимость двух возможных последовательностей $A^{(1)}$ и $A^{(2)}$, где $A^{(1)} = (A_0, A_1, \ldots, A_k, A_{k+1}^{(1)}, \ldots, A_n^{(1)})$, $A^{(2)} = (A_0, A_1, \ldots, A_k, A_{k+1}^{(2)}, \ldots, A_n^{(2)})$.

Обозначим $\tilde{p}_i = \tilde{P}(A_i)$, $i = \overline{1,k}$, $\tilde{p}_{j+1}^{(1)} = \tilde{P}(A_{j+1}^{(1)})$, $\tilde{p}_{l+1}^{(2)} = \tilde{P}(A_{l+1}^{(2)})$, $j,l = \overline{k+1,n}$. Элементы каждой из последовательностей $\tilde{p}_1,...,\tilde{p}_k, \tilde{p}_{k+1}^{(1)},...,\tilde{p}_n^{(1)}$ и $\tilde{p}_1,...,\tilde{p}_k, \tilde{p}_{k+1}^{(2)},...,\tilde{p}_n^{(2)}$ независимы в совокупности, но случайные величины $\tilde{p}_{k+1}^{(1)}, \tilde{p}_{k+1}^{(2)}$ зависимы и могут иметь ненулевой коэффициент корреляции: $\mathrm{cov}(\tilde{p}_{k+1}^{(1)}, \tilde{p}_{k+1}^{(2)}) \neq 0$.

Рассмотрим величины $E\widetilde{p}_r = \mu_r$, $D\widetilde{p}_r = \sigma_r^2$, $r = 1,...,k$; $E\widetilde{p}_s^{(i)} = \mu_s^{(i)}$, $D\widetilde{p}_s^{(i)} = \sigma_s^2(i)$, $s = k+1,...,n$, $i = 1,2$ [20]. Поскольку $\widetilde{p}^{(i)} = \prod_{r=1}^{k} \widetilde{p}_r \cdot \widetilde{p}_{k+1}^{(i)} \cdot \prod_{s=k+2}^{n} \widetilde{p}_s^{(i)}$, $i = 1,2$, то ковариация между ветвями дерева событий будет иметь вид

$$\operatorname{cov}(\widetilde{p}^{(1)}, \widetilde{p}^{(2)}) = E(\widetilde{p}^{(1)}\widetilde{p}^{(2)}) - E\widetilde{p}^{(1)}E\widetilde{p}^{(2)} =$$

$$= E(\prod_{r=1}^{k} \widetilde{p}_r \cdot \widetilde{p}_{k+1}^{(1)} \cdot \prod_{s=k+2}^{n} \widetilde{p}_s^{(1)} \cdot \prod_{r=1}^{k} \widetilde{p}_r \cdot \widetilde{p}_{k+1}^{(2)} \cdot \prod_{s=k+2}^{n} \widetilde{p}_s^{(2)}) -$$

$$- E(\prod_{r=1}^{k} \widetilde{p}_r \cdot \widetilde{p}_{k+1}^{(1)} \cdot \prod_{s=k+2}^{n} \widetilde{p}_s^{(1)}) \cdot E(\prod_{r=1}^{k} \widetilde{p}_r \cdot \widetilde{p}_{k+1}^{(2)} \cdot \prod_{s=k+2}^{n} \widetilde{p}_s^{(2)}) = E(\prod_{r=1}^{k} \widetilde{p}_r^2 \cdot \widetilde{p}_{k+1}^{(1)} \cdot \widetilde{p}_{k+1}^{(2)} \cdot \prod_{s=k+2}^{n} (\widetilde{p}_s^{(2)} \widetilde{p}_s^{(1)})) -$$

$$- (\prod_{r=1}^{k} E\widetilde{p}_r \cdot E\widetilde{p}_{k+1}^{(1)} \cdot \prod_{s=k+2}^{n} E\widetilde{p}_s^{(1)}) \cdot (\prod_{r=1}^{k} E\widetilde{p}_r \cdot E\widetilde{p}_{k+1}^{(2)} \cdot \prod_{s=k+2}^{n} E\widetilde{p}_s^{(2)}) = = \prod_{r=1}^{k} E\widetilde{p}_r^2 \cdot E(\widetilde{p}_{k+1}^{(1)} \cdot \widetilde{p}_{k+1}^{(2)}) \cdot \prod_{s=k+2}^{n} E(\widetilde{p}_s^{(2)} \widetilde{p}_s^{(1)}) -$$

$$- (\prod_{r=1}^{k} E\widetilde{p}_r \cdot E\widetilde{p}_{k+1}^{(1)} \cdot \prod_{s=k+2}^{n} E\widetilde{p}_s^{(1)}) \cdot (\prod_{r=1}^{k} E\widetilde{p}_r \cdot E\widetilde{p}_{k+1}^{(2)} \cdot \prod_{s=k+2}^{n} E\widetilde{p}_s^{(2)}) =$$

$$= \prod_{r=1}^{k} E\widetilde{p}_r^2 \cdot E(\widetilde{p}_{k+1}^{(1)} \cdot \widetilde{p}_{k+1}^{(2)}) \cdot \prod_{s=k+2}^{n} E\widetilde{p}_s^{(2)} E\widetilde{p}_s^{(1)} -$$

$$- (\prod_{r=1}^{k} \mu_r \cdot \mu_{k+1}^{(1)} \cdot \prod_{s=k+2}^{n} \mu_s^{(1)}) \cdot (\prod_{r=1}^{k} \mu_r \cdot \mu_{k+1}^{(2)} \cdot \prod_{s=k+2}^{n} \mu_s^{(2)}) =$$

$$= \prod_{r=1}^{k} ((E\widetilde{p}_r)^2 + D\widetilde{p}_r) \cdot (\operatorname{cov}(\widetilde{p}_{k+1}^{(1)}, \widetilde{p}_{k+1}^{(2)}) + E(\widetilde{p}_{k+1}^{(1)}) \cdot E(\widetilde{p}_{k+1}^{(2)})) \cdot \prod_{s=k+2}^{n} \mu_s^{(2)} \mu_s^{(1)} -$$

$$- (\prod_{r=1}^{k} \mu_r^2 \cdot \mu_{k+1}^{(1)} \mu_{k+1}^{(2)} \cdot \prod_{s=k+2}^{n} \mu_s^{(1)} \mu_s^{(2)}) =$$

$$= \prod_{r=1}^{k} ((E\widetilde{p}_r)^2 + D\widetilde{p}_r) \cdot (\operatorname{cov}(\widetilde{p}_{k+1}^{(1)}, \widetilde{p}_{k+1}^{(2)}) + E(\widetilde{p}_{k+1}^{(1)}) \cdot E(\widetilde{p}_{k+1}^{(2)})) \cdot \prod_{s=k+2}^{n} \mu_s^{(2)} \mu_s^{(1)} -$$

$$- (\prod_{r=1}^{k} \mu_r^2 \cdot \mu_{k+1}^{(1)} \mu_{k+1}^{(2)} \cdot \prod_{s=k+2}^{n} \mu_s^{(1)} \mu_s^{(2)}) =$$

$$= \prod_{r=1}^{k} (\mu_r^2 + \sigma_r^2) \cdot (\operatorname{cov}(\widetilde{p}_{k+1}^{(1)}, \widetilde{p}_{k+1}^{(2)}) + \mu_{k+1}^{(1)} \cdot \mu_{k+1}^{(2)}) \cdot \prod_{s=k+2}^{n} \mu_s^{(2)} \mu_s^{(1)} - (\prod_{r=1}^{k} \mu_r^2 \prod_{s=k+1}^{n} \mu_s^{(1)} \mu_s^{(2)}).$$

Окончательно получаем формулу

$$\operatorname{cov}(\widetilde{p}^{(1)}, \widetilde{p}^{(2)}) = (\operatorname{cov}(\widetilde{p}_{k+1}^{(1)}, \widetilde{p}_{k+1}^{(2)}) + \mu_{k+1}^{(1)} \cdot \mu_{k+1}^{(2)}) \cdot \prod_{r=1}^{k} (\mu_r^2 + \sigma_r^2) \cdot \prod_{s=k+2}^{n} \mu_s^{(1)} \mu_s^{(2)} - \prod_{r=1}^{k} \mu_r^2 \cdot \prod_{s=k+1}^{n} \mu_s^{(1)} \mu_s^{(2)}.$$

Предложенный в данной статье метод эффективен при прогнозировании экономик, характеризующихся высоким уровнем неопределенности, например, инновационных или модернизируемых (России свойственны модернизационные «скачки», связанные с внедрением инновационных технологий и серьезными преобразованиями в обществе, например, в XVIII веке при Петре I, в XIX при С. Ю. Витте и в XX в ходе индустриализации). Моделирование вариантов развития экономики позволяет оценить перспективы поддержки той или иной альтернативы и понять, насколько она реализуема и сможет ли получить поддержку в обществе.

Список литературы

1. *Субботницкий Д. Ю.* Оценка вариантов динамики совокупной задолженности на рынке российских ГКО в 1998 году // Анализ, моделирование, управление, развитие экономических систем: Труды II Международной школы-симпозиум АМУР-2008 / под ред. О. Л. Королева, А. В.Сигала. Симферополь, 2008. С.240—246.
2. *Колесов Д. Н., Котов Н. В., Юдаева М. С.* Управление портфелем облигаций по нечисловой, неточной и неполной информации // Сборник трудов Международной конференции «Устойчивость и процессы управления». Санкт-Петербург. 27 июня — 1 июля 2005 г. Том 3. СПб.: СПбГУ, 2005. С. 1527—1536.

3. *Макаров А. В., Федотов Ю. В., Хованов Н. В.* Байесовская модель оценки вероятностей альтернативных состояний финансово-экономической среды реализации инвестиционных проектов // Материалы Международной научной конференции «Экономическая наука: проблемы теории и методологии». Санкт-Петербург. 16—18 мая 2002 г. Секции 5—10. СПб.: ОЦЭиМ, 2002. С.141—142.
4. *Субботницкий Д. Ю.* Прогнозирование изменения чистой прибыли предприятия в условиях дефицита числовой информации // Материалы XIV Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2007». Москва, 11—14 апреля 2007 г. Том. 4. М.: Издательство МГУ, ИТК «Дашков и К», 2007. С. 232.
5. *Hovanov N., Yudaeva M., Hovanov K.* «Multicriteria estimation of probabilities on basis of expert non-numeric, non-exact and non-complete knowledge // Abstracts of 18-th International Conference on Multiple Criteria Decision Making». Chania (Greece), June 19—23, 2006. P.102.
6. *Колесников Г. И., Корникова Н. В., Федотов Ю. В., Хованов Н. В.* Оценка вероятностей альтернатив развития фондового рынка в условиях дефицита числовой информации // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2005. Сер. 10. Вып.2. С. 151—160.
7. *Субботницкий Д. Ю.* Применение метода рандомизированных вероятностей для оценки возможных альтернатив развития сложных финансово-экономических систем // Современные аспекты экономики. 2006. № 17(110). С.213—223.
8. *Hovanov, N.* et al. Multicriteria estimation of probabilities on basis of expert …, European Journal of Operational Research (2007), doi: 10,1016/j.ejor.2007.11.018.
9. *Колесов Д. Н., Михайлов М. В., Хованов Н. В.* Оценка сложных финансово-экономических объектов с использованием системы поддержки принятия решений АСПИД-3W. СПб.: ОЦЭиМ, 2004. 64 с.
10. *Колесников Г. И., Хованов Н. В., Юдаева М. С.* Оценивание ожидаемой доходности и риска портфеля по нечисловой, неточной и неполной информации // Труды 7-й международной научной школы «Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах». Санкт-Петербург, 4—8 сентября 2007 г. СПб.: ГУАП, 2007. С. 269—278.
11. *Субботницкий Д. Ю.* Использование экспертных оценок при прогнозировании развития сложных систем // Современные аспекты экономики. 2007. № 4(117). С.168—182.
12. *Колесников Г. И., Хованов Н. В., Юдаева М. С.* Применение метода квантификации нечисловых оценок вероятности для выбора оптимального портфеля ценных бумаг // Вестник Санкт-Петербургского университета». Серия 5. 2007. Выпуск 3. С. 58—68.
13. *Колесов Д. Н., Хованов Н. В., Юдаева М. С.* Оценка вероятностей вариантов развития финансово-экономических систем // Вестник Санкт-Петербургского университета». Серия 5. 2007. Выпуск 1. С. 130—140.
14. *Hovanov N.V ., Yudaeva M. S., Kotov N. V.* Alternatives probabilities estimation by means of non-numeric, non-exact and non-complete information obtained from sources of different reliability // Proceedings of the International Scientific school «Modeling and Analysis of Safety and Risk in Complex Systems». SPb., RAS, 2005. P. 271—277.
15. *Хованов Н. В.* Математические модели риска и неопределенности. СПб.: СПбГУ, 1998. 201 с.
16. *Колесников Г. И., Федотов Ю. В., Хованов Н. В.* Оценка в условиях дефицита числовой информации состояния среды осуществления стратегических проектов развития предприятия // Материалы восьмого всероссийского симпозиума «Стратегическое планирование и развитие предприятий». Москва, 10—11 апреля 2007 г. Секция 2. Модели и методы разработки стратегии предприятия. М.: ЦЭМИ РАН, 2007. С. 117—119.
17. *Хованов Н. В., Федотов Ю. В.* Рациональная оценка вероятностей альтернатив состояния среды осуществления проектов — основа эффективного стратегического менеджмента // Материалы конференции «Концепции и инструменты эффективного менеджмента». Санкт-Петербург, 28 октября 2005 г. СПб.: СПбГУ, 2005. С.31—32.
18. *Hovanov N. V., Yudaeva M. S., Kotov N. V.* Event-Tree with randomized transition probabilities as a new tool for alternatives probabilities estimation under uncertainty // Proceedings of the Sixth International Scientific school «Modeling and Analysis of Safety and Risk in Complex Systems». St.Petersburg, July 4—8, 2006. SPb., RAS, 2006. P.118—125.
19. *Колесников Г. И., Хованов Н. В., Юдаева М. С.* Оценка доходности инвестиций по экспертной и статистической информации // Материалы международной экономической конференции «Экономическое развитие: теория и практика». Санкт-Петербург, 5—7 апреля 2007 г. Секции 3—7. СПб.: ОЦЭИМ, 2007. С. 48—49.
20. *Колесов Д. Н., Котов Н. В., Юдаева М. С.* Оценка вероятностей альтернатив развития рынка российских корпоративных облигаций в условиях дефицита числовой информации // Материалы международной научной конференции «Экономическая наука в начале третьего тысячелетия: история и перспективы развития». Санкт-Петербург. 22—23 сентября 2005 г. Секции 4—8. СПб.: ОЦЭиМ, 2005. С. 18—19.