

И.С. Клименко, Е.А. Палкин

К ПРОБЛЕМЕ ИЗМЕРЕНИЯ РИСКА В ПРОЦЕССЕ ВЫБОРА УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Аннотация. Выполнен анализ ситуации коллективного выбора управленческого решения в условиях неопределенности при различном отношении экспертов к риску. Показано, что в этом случае ряды предпочтений, выстраиваемые экспертами по критерию ценности информации, отражают отношения порядка их предпочтений относительно вероятностей достижения цели управления. Это обстоятельство естественным образом приводит к формированию порядковой шкалы для измерения их индивидуального отношения к риску. Обосновано привлечение для объективной градуировки шкальных значений порядковой шкалы конкретной группы критериев выбора стратегий в условиях статистической неопределенности (задача игры с природой). Это позволяет установить между шкальными значениями отношения строгого порядка и построить наиболее вероятные априорные ряды предпочтений экспертов в зависимости от их отношения к риску.

Ключевые слова: ситуация коллективного выбора, условия неопределенности, критерии ценности информации, ряды предпочтений, принцип комплементарности Н. Бора.

I.S. Klimenko, E.A. Palkin

TO THE PROBLEM OF MEASURING RISK IN THE PROCESS OF SELECTING MANAGERIAL DECISIONS

Abstract. The article gives an analysis of the situation of collective choice of a management decision in conditions of uncertainty under the essentially different attitude of experts to risk. It is shown that in this case the series of preferences built by the experts according to the criterion of the value of information, reflect the order relations of their preferences concerning the probabilities of achieving the management goal. This circumstance naturally leads to the formation of an ordinal scale to measure their individual attitude to risk. The authors justify the attraction of a specific group of criteria for the choice of strategies under statistical uncertainty (the problem of playing with nature) for objective gradation of scale values of the ordinal scale. This makes it possible to establish strict-order relations between scale values and to construct the most likely a priori series of expert preferences depending on their attitude to risk.

Keywords: situation of collective choice, conditions of uncertainty, criteria for the value of information, series of preferences, N. Bohr's principle of complementarity.

Введение

Проблема выбора решения на множестве альтернатив неизменно сопровождает процессы жизнедеятельности человека и общества. Лицо, принимающее решение (далее – ЛПР), как правило, стоит перед необходимостью найти адекватное (оптимальное) словесное отображение той или иной мысли, чтобы сохранить и/или передать по назначению сгенерированную семантическую информацию.

Согласно принципу комплементарности (дополнительности) Н. Бора, распространенному на социальные системы [1], взаимно дополнительными действиями ЛПР выступают процесс размышления и волевой акт управляющего воздействия на объект управления.

Клименко Игорь Семенович

доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем в экономике и управлении, Российский новый университет, Москва. Сфера научных интересов: теория систем, теория информации, теория принятия решений, физическая оптика, экология. Автор более 170 опубликованных научных работ. SPIN-код: 1380-7819, AuthorID: 73099. Электронный адрес: igor.k41@yandex.ru

Палкин Евгений Алексеевич

кандидат физико-математических наук, профессор, проректор по научной работе, Российский новый университет, Москва. Сфера научных интересов: математическое моделирование, асимптотические методы, теория информации, радиофизика. Автор более 180 опубликованных научных работ. SPIN-код: 7359-7560, AuthorID: 3851. Электронный адрес: palkin@rosnou.ru

В работе [2] показано, что акт выбора управленческого решения можно интерпретировать как редукцию суперпозиции множества принятых к рассмотрению альтернатив к единственной (оптимальной) альтернативе, которая выступает в качестве измеряемой.

К моменту реализации решения ЛПР располагает ограниченным множеством альтернатив (вариантов решения), которые ранжируются по степени их априори предполагаемой адекватности реальной ситуации принятия решения.

Основанием для установления порядка предпочтительности альтернативных решений, как правило, служит эвристическое определение ЛПР их остаточной семантической энтропии H_i , показывающей степень его неуверенности в точности той или иной модели, отражающей состояние ситуации принятия решения:

$$H_1 \prec H_2 \prec H_i \dots \prec H_{\min}, \quad (1)$$

где H_{\min} – остаточная энтропия наиболее предпочтительной модели, определяющая максимальную априорную вероятность достижения цели при выборе решения R , а знак \prec означает менее предпочтительную альтернативу.

Далее ЛПР ранжирует альтернативные вероятности достижения цели операции и строит соответствующий ряд предпочтений, устанавливая между ними отношение порядка в виде

$$P_1 \prec P_2 \prec P_i \dots \prec P_R, \quad (2)$$

где P_R – априорная вероятность достижения цели при выборе наиболее предпочтительно-го решения R . Тем самым ранжируются риски альтернативных решений.

Очевидно, что для полноценного измерения вероятностей достижения цели, обеспечиваемых сравниваемыми альтернативами, следует преобразовать ряд предпочтений в соответствующую измерительную шкалу и выбрать наиболее информативные критерии оценивания (измерения).

Выбор решений как измерительная процедура

Сосредоточим внимание на том обстоятельстве, что выбор наиболее предпочтительных альтернатив разными ЛПР (экспертами) детерминирован их отношением к риску. Следовательно, при одном и том же состоянии ситуации принятия решения ЛПР, по-

К проблеме измерения риска в процессе выбора управленческих решений

разному относящиеся к риску, будут руководствоваться разными критериями и предпочтут разные альтернативы.

Соответственно, в случае группового выбора решений возникает конкуренция рядов предпочтений, сформированных экспертами и, как следствие, конкуренция наиболее предпочтительных для них альтернатив.

Постановка задачи измерения в процессе сравнения альтернативных рисков принятых к рассмотрению решений неизбежно ставит вопрос о привлечении адекватной измерительной шкалы. Будем рассматривать измерение риска решения как алгоритмическую операцию, которая ставит в соответствие наблюдаемой характеристике (степени предпочтительности альтернатив) определенное обозначение.

Формально определим рассматриваемую операцию как кортеж

$$S = \langle M_R, g, Y \rangle, \quad (3)$$

где M_R – эмпирическая система (множество подлежащих измерению альтернатив); Y – искомая измерительная шкала; g – гомоморфное отображение M_R на Y .

В соответствии с теорией измерений будем использовать следующие обозначения:

$M_R = \{R_1, R_2 \dots R_n; K\}$ – множество альтернативных решений, на котором в соответствии с целью измерения задано отношение K , определяющее правило сравнения альтернатив (критерий).

$Y = \{g(R_1), g(R_2) \dots g(R_n); K_y\}$ – знаковая система с отношением K_y , являющаяся отображением эмпирической системы в виде определенных шкальных значений.

Отметим, что $g \in G$, а G – множество допустимых преобразований, определяющее тип измерительной шкалы.

Выполнение операции ранжирования естественным образом связано с возможностью формирования порядковой (ранговой) измерительной шкалы. Для ранговой шкалы множество G состоит из монотонно возрастающих допустимых преобразований шкальных значений. Монотонно возрастающим является преобразование $g(R)$, удовлетворяющее следующему условию: если $R_1 \prec R_2$, то и $g(R_1) < g(R_2)$ для любых шкальных значений из области определения $g(R)$. Это означает, что порядковая шкала допускает упорядочение альтернатив по степени проявления ими измеряемых свойств. Отметим, что результат измерения на порядковой шкале не определяет интервалов между объектами (альтернативами), но устанавливает нарастающую либо убывающую последовательность.

Ранжируя варианты решений по критерию вероятности достижения цели (критерий ценности информации Харкевича [3]), ЛПР в первую очередь стремится использовать для продвижения к цели управления исключительно достоверные сведения о состоянии обстановки и объекта управления. Поэтому важную роль приобретает оценивание рисков, связанных с возможностью привлечения для принятия решения дезинформации и информационного шума, что чревато уходом с траектории, ведущей к цели.

Однако при этом возникает задача обеспечения точности измерения отношения к риску тех или иных индивидов, привлекаемых в качестве экспертов для выбора ответственных управленческих решений.

Представляется целесообразным использовать для точного оценивания рисков решения систему критериев, разработанную в рамках исследования проблемы выбора стратегий в условиях статистической неопределенности (задача «игры с природой») [4].

Привлечение критериев выбора стратегий в условиях статистической неопределенности

В зависимости от отношения конкретного ЛПР к риску выбор решения им проводится с позиций либо *объективиста*, либо *субъективиста*. В свою очередь, субъективистов принято подразделять на склонных к риску *оптимистов* и предпочитающих осторожные решения *пессимистов*.

Определим понятие риска как обобщенную индивидуальную характеристику ситуации принятия решения в условиях неопределенности, отражающую возможность появления и значимость для ЛПР негативных последствий (ущерба) в результате последствий выбранного решения.

Практика принятия решений в условиях статистической неопределенности, диктуемых объективной реальностью, нейтральной по отношению к ЛПР, привела к формированию представительной группы критериев выбора стратегий [4], наиболее популярными среди которых являются следующие:

- максиминный критерий осторожного игрока (критерий Вальда), согласно которому оптимальным считается решение, соответствующее условию $K_W = \max_i \min_j x_{ij}$ (x_{ij} – оценка полезности принятия i -го решения при j -м состоянии обстановки);

- максимаксный критерий оптимистичного игрока $K_M = \max_i \max_j x_{ij}$;

- нейтральный критерий (Лапласа) $K_L = \max_i (1/n \sum x_{ij})$;

- критерий оптимизма-пессимизма (Гурвица) $K_G = \max_i [\alpha \max_j x_{ij} + (1 - \alpha) \min_j x_{ij}]$ ($\alpha = [0, 1]$ – коэффициент оптимизма);

- критерий минимаксного сожаления (Сэвиджа) $K_S = \min_i \max_{\Delta} x_{i\Delta}$ ($x_{i\Delta}$ – разность между максимальной и текущей оценками эффективности в каждом столбце матрицы риска).

Среди перечисленных критериев следует выделить комбинированный критерий Гурвица [5], представляющий собой смесь критериев Вальда и максимакса и формально открывающий возможность управлять степенью риска решения посредством вариаций коэффициента оптимизма. Однако статистический анализ, проведенный в работах [6; 7], показал, что в большинстве ситуаций критерий Гурвица при любых промежуточных значениях коэффициента оптимизма α сводит процедуру поиска решения к бинарной задаче выбора между двумя критериями – Вальда (максимина) и максимакса. Такой результат свидетельствует о незначительной чувствительности критерия Гурвица к вариациям α с целью управления соотношением «оптимизм – пессимизм».

Поэтому при формировании порядковой измерительной шкалы в работе [7] роль критерия Гурвица была сведена к фиксации начала ее отсчета, соответствующего значению $\alpha = 0$, что отвечает реализации критерия Вальда, а также к определению предельного уровня оптимизма при $\alpha = 1$.

Расчет коэффициентов взаимной корреляции пар критериев по фактам совпадения решений на репрезентативной выборке из 150 матриц полезности показал следующие результаты [7]:

$$\lambda_{SW} = 0,50; \lambda_{LS} = 0,62; \lambda_{LW} = 0,36; \lambda_{LM} = 0,34; \lambda_{MS} = 0,24; \lambda_{MW} = 0,12.$$

Ранжирование четырех классических критериев на интервальной шкале оптимизма критерия Гурвица дает следующее отношение нестрогого порядка:

$$K_W \prec K_S \prec K_L \prec K_M. \quad (3)$$

В общем случае критерии здесь связаны между собой отношением «менее оптимистичен или эквивалентен», что допускает реализуемую на практике [6] возможность эк-

К проблеме измерения риска в процессе выбора управленческих решений

вивалентности всех рассматриваемых критериев (выбор всеми критериями одной и той же объективно оптимальной альтернативы). Поэтому отличие от нуля λ_{MW} статистически оправданно и не несет в себе противоречий.

Обратим внимание на существенную близость значений λ_{LV} и λ_{LM} , что позволяет разместить критерий Лапласа в центре формируемой порядковой шкалы измерения риска решений, при этом критерию Сэвиджа соответствует позиция практически посередине между критериями Вальда и Лапласа. Просвет между критериями Лапласа и максимакса, составляющий практически половину ширины шкалы, позволяет заполнить критерий умеренного (рационального) оптимизма λ_R , предложенный в работах [8; 9]. Коэффициент его корреляции с критерием максимакса составляет $\lambda_{RM} = 0,42$. Поскольку, как уже отмечалось, коэффициент взаимной корреляции критериев Лапласа и максимакса $\lambda_{LM} = 0,34$, то критерий умеренного оптимизма больше тяготеет к более взвешенному критерию Лапласа. Тем не менее можно считать, что с привлечением этого критерия на порядковой шкале оптимизма критериев появилась новая градация (шкальное значение) в области относительно рискованного выбора, которую ЛПР может выбрать в качестве более взвешенной альтернативы по отношению к предельно рискованному критерию максимакса.

*Семантическое моделирование процедуры генерации рядов предпочтений
при разном отношении ЛПР к риску*

Окончательно рассматриваемая порядковая шкала оптимизма из пяти критериев фиксирует следующее отношение строгого порядка:

$$K_W \prec K_S \prec K_L \prec K_R \prec K_M. \quad (4)$$

Естественным шагом представляется привязка к расставленным критериям градаций отношения ЛПР к риску. Промежуточные критерии, к которым отнесем критерий Сэвиджа [10] (будем считать его критерием умеренного пессимизма) и умеренного оптимизма [8; 9], на практике могут предпочесть ЛПР, не склонные к чрезмерной осторожности или безоглядному оптимизму независимо от условий принятия решения.

Отметим, что другие критерии из числа сформированных на матрице риска, за исключением критерия Сэвиджа, показывают случайный разброс значений коэффициентов парной корреляции с критериями, сформированными на матрице полезности, что не позволяет использовать их в качестве шкальных значений для последовательности (4). Что касается критерия произведения, формируемого на матрице полезности, то он оказался практически эквивалентным критерию Сэвиджа [8].

С завершением формирования рассматриваемой порядковой шкалы посредством включения в нее в качестве шкального значения критерия умеренного оптимизма она будет отражать отношение строгого порядка, которому в практике ранжирования, как правило, ставится в соответствие система действительных чисел, связанных между собой отношениями неравенства.

Поскольку критерий Сэвиджа естественным образом разместился практически в середине интервала между критериями Вальда и Лапласа, представляется целесообразным волевым решением позиционировать критерий умеренного оптимизма в середине интервала между критериями Лапласа и максимакса. Тем самым устанавливается постоянное значение интервала между шкальными значениями, и порядковая шкала может быть усилена до шкалы интервалов. Пример в целом субъективного усиления порядковой шкалы до интервальной при оценивании знаний учащихся общеизвестен.

Начало отсчета интервальной шкалы, как известно, выбирается произвольно, однако в нашем случае его роль играет критерий гарантированного результата Вальда, олицетворяющий, по сути, нулевой оптимизм ЛПР.

Таким образом, теперь можно выделить пять условно базовых вариантов отношения разных ЛПР (экспертов) к риску и связать с каждым из них соответствующий наиболее предпочтительный для каждого из них критерий:

- для пессимиста – критерий Вальда;
- для умеренного пессимиста – критерий Сэвиджа;
- для объективиста – критерий Лапласа;
- для умеренного оптимиста – критерий взвешенного риска;
- для оптимиста – критерий максимакса.

Соответственно, наиболее вероятные априорные ряды предпочтений названных ЛПР будут, как правило, выглядеть следующим образом:

- у пессимиста:

$$K_M \prec K_R \prec K_L \prec K_S \prec K_W;$$

- у умеренного пессимиста:

$$K_M \prec K_R \prec K_L \prec K_W \prec K_S;$$

- у объективиста:

$$K_M \prec K_W \prec K_S \prec K_R \prec K_L;$$

- у умеренного оптимиста:

$$K_W \prec K_S \prec K_M \prec K_L \prec K_R;$$

- у оптимиста:

$$K_W \prec K_S \prec K_L \prec K_R \prec K_M.$$

Отметим, что ряды предпочтений оптимиста и пессимиста покажут противоположные последовательности (коэффициент парной ранговой корреляции равен 1), в то время как эксперт-объективист наименее предпочтительными сочтет экстремальные критерии максимакса и Вальда.

По сути, речь может идти о выполнении семантического моделирования процедур порождения упорядоченных множеств альтернатив группой потенциальных экспертов, проявляющих существенно различное отношение к риску принятия решений. В этой связи приведенные ряды предпочтений (ранжирования) разных ЛПР могут представлять интерес при выполнении коллективного априорного оценивания вариантов решения на этапе генерации альтернатив. Однако наиболее полезным представляется привлечение развиваемого подхода для реализации основных процедур метода Дельфи [11].

Дело в том, что при формировании коллегии экспертов, привлекаемых к реализации этого метода, установлено требование, согласно которому в ее состав должны быть включены разноплановые индивиды, чтобы обеспечить широкий спектр экспертных оценок и, следовательно, представительное множество рядов предпочтений альтернатив. Поэтому при тестировании предполагаемых экспертов их отношение к риску может быть измерено по результатам ранжирования каждым из них группы критериев, составляющих предлагаемую измерительную шкалу.

Представляет также интерес возможность привлечения предлагаемой измерительной шкалы для проведения процедуры предварительного «калибрования» потенциальных экспертов, рассмотренной в монографии [12].

Заключение

Проблема управления риском становится все более актуальной по мере объективно-го возрастания степени неопределенности ситуации принятия ответственных решений. Коллективный выбор представляется наиболее надежным инструментом обеспечения качества решений в смысле их адекватности реальной обстановке. Поэтому формирование оптимального состава коллегии экспертов, в частности при реализации метода Дельфи, приобретает все более важное значение.

Результаты настоящей работы могут представлять интерес с точки зрения выполнения этой ответственной процедуры.

При этом представляется целесообразным учитывать возможность усиления шкалы строгого порядка до дискретной шкалы интервалов, относящейся уже к сильным шкалам. Более того, наличие у рассматриваемой шкалы фиксированного начала отсчета (положение критерия гарантированного результата Вальда) открывает возможность дальнейшего перехода к шкале отношений, позволяющей оперировать отношениями измеряемых характеристик.

Литература

1. Bohr N. Atomic Physics and Human Knowledge. New York : Wiley, 1958. 151 p.
2. Клименко И.С., Палкин Е.А. О редукции принятых к рассмотрению альтернатив в процессе принятия управленческих решений // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2022. № 3. С. 137–144. EDN FTVMZQ. DOI: 10.18137/RNU.V9187.22.03.P.137
3. Харкевич А.А. О ценности информации // Проблемы кибернетики. 1960. № 4. С. 53–57. EDN WJCSCEZ.
4. Лабскер Л.Г. Теория критериев оптимальности и экономические решения: учеб. пособие. М. : Кнорус, 2012. 744 с.
5. Arrow K.J., Hurwicz L. An optimality criterion for decision making under ignorance // K. Arrow, L. Hurwicz (Eds.) Studies in Resource Allocation Processes. Cambridge : Cambridge University Press, 1977. P. 461–472. DOI: 10.1017/CBO9780511752940.015
6. Клименко И.С., Плуталов М.А., Чеботарев Г.А. К вопросу об оценивании оптимизма критериев выбора стратегий в «игре с природой». // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2015. № 2. С. 19–23. EDN VBWZZF.
7. Клименко И.С., Плуталов М.А. О парадоксальном результате применения критерия Гурвица для поиска взвешенных решений в «игре с природой» // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2016. № 3. С. 24–29. EDN YHCNIF.
8. Клименко И.С., Плуталов М.А., Чеботарев Г.А. К формированию ранговой шкалы оптимизма критериев выбора решений в «игре с природой» // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2016. № 3. С. 19–23. EDN YHCNHL.
9. Плуталов М.А. О формировании нового критерия, ориентированного на выбор сбалансированных решений в «игре с природой» // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2020. №3. С. 60–66. EDN HGDRCL. DOI: 10.25586/RNU.V9187.20.03.P.060
10. Savage L.J. The theory of statistical decision // Journal of the American Statistical Association. 1951. Vol. 46. No. 1. P. 55–67.

11. Смирнова Ю.А. Метод «Дельфи» как инструмент эффективного стратегического планирования и управления // Электронный вестник Ростовского социально-экономического института. 2015. № 3-4. С. 964–969. EDN VKEYWN.
12. Хаббард Д. Как измерить все, что угодно / пер. с англ. Е. Пестеревой. М. : Олимп – Бизнес, 2009. 420 с.

References

1. Bohr N. (1958) *Atomic Physics and Human Knowledge*. New York : Wiley, 1958. 151 p.
2. Klimenko I.S., Palkin E.A. (2022) On the Reduction of Accepted Alternatives in the Management Decision-Making Process. *Vestnik of Russian New University. Series: Complex Systems: Models, Analysis, Management*. No. 3. Pp. 137–144. (In Russian).
3. Kharkevich A.A. (1960) On the value of information. *Problemy kibernetiki* [Issues of Cybernetics]. Vol. 4. Pp. 53–57. (In Russian).
4. Labsker L.G. (2012) *Teoriya kriteriev optimal'nosti i ekonomicheskie resheniya: ucheb. posobie* [Theory of Optimality Criteria and Economic Decisions: Study guide]. Moscow : Knorus Publ. 744 p.
5. Arrow K., Hurwicz L. (1977). Appendix: An optimality criterion for decision-making under ignorance. In: K. Arrow, L. Hurwicz (Eds.) *Studies in Resource Allocation Processes*. Cambridge : Cambridge University Press. Pp. 461–472. DOI: 10.1017/CBO9780511752940.015
6. Klimenko I.S., Plutalov M.A., Chebotarev G.A. (2015) To the evaluation of optimism criterions for selection of strategies in the “game with nature”. *Vestnik of Russian New University. Series: Complex Systems: Models, Analysis, Management*. No. 2. Pp. 19–23. (In Russian).
7. Klimenko I.S., Plutalov M.A. (2016) About paradoxical result of use the Hurwicz criterion to search for balanced solutions in the “game with nature”. *Vestnik of Russian New University. Series: Complex Systems: Models, Analysis, Management*. No. 3. Pp. 24–29. (In Russian).
8. Klimenko I.S., Plutalov M.A., Chebotarev G.A. (2016) To the formation of a rank scale of optimism of the criteria for choosing solutions to the “game with nature”. *Vestnik of Russian New University. Series: Complex Systems: Models, Analysis, Management*. No. 3. Pp. 19–23. (In Russian).
9. Plutalov M.A. (2020) On the formation of a new criterion focused on the choice of balanced solutions in the “game with nature”. *Vestnik of Russian New University. Series: Complex Systems: Models, Analysis, Management*. No. 3. Pp. 60–66. DOI: 10.25586/RNUV9187.20.03.P.060 (In Russian).
10. Savage L.J. (1951) The theory of statistical decision. *Journal of the American Statistical Association*. Vol. 46. No. 1. Pp. 55–67.
11. Smirnova Yu.A. (2015) Delphi technique as a tool for effective strategic planning and management // *Elektronnyi vestnik Rostovskogo sotsial'no-ekonomicheskogo instituta* [Electronic bulletin of the Rostov Socio-Economic Institute]. No. 3-4. Pp. 958–963.
12. Hubbard D.W. (2014) *How to Measure Anything. Finding the Value of “Intangibles” in Business*. 3rd edition. (Russian translation by E. Pestereva. Moscow : Olymp-Business, 2009. 420 p. ISBN 978-5-9693-0163-4).