

И.С. Клименко, Е.А. Палкин

## О РЕДУКЦИИ ПРИНЯТЫХ К РАССМОТРЕНИЮ АЛЬТЕРНАТИВ В ПРОЦЕССЕ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

**Аннотация.** На базе принципа дополнительности Бора рассмотрена аналогия между коллапсом волновой функции квантовой системы и редукцией альтернатив в момент выбора управленческого решения. Обсуждены особенности использования взаимно дополнительных понятий при выборе решений, связанные с наличием у лица, принимающего решение, цели управления. Обращено внимание на тот факт, что к моменту перехода от размышлений к волевому акту управляющего воздействия ситуация принятия решения может быть формально представлена в виде суперпозиции альтернатив, а в качестве «измеряемой» выступает единственная выбранная альтернатива. В рамках принципа дополнительности сформулировано положение, согласно которому нахождение предпочтительной альтернативы и ее реализация посредством соответствующего управляющего воздействия аналогично действию измерения на квантовый объект.

*Ключевые слова:* редукция, измерение, выбор на множестве альтернатив, принятие решения, взаимно дополнительные понятия.

I.S. Klimenko, E.A. Palkin

## ON THE REDUCTION OF ACCEPTED ALTERNATIVES IN THE MANAGEMENT DECISION-MAKING PROCESS

**Abstract.** On the basis of Bohr's complementarity principle, the analogy between the collapse of the wave function of the quantum system and the reduction of alternatives at the moment of choosing a managerial solution has been considered. The features of the use of mutually additional concepts in the choice of decisions, connected with the presence of the decision-maker goal of management, were discussed. Attention is drawn to the fact that at the moment of transition from thinking to volitional act of controlling influence the state of decision-making situation can be formally presented in the form of a superposition of alternatives, and as «measured» is the only chosen alternative. Within the framework of the complementarity principle, it is stated that the finding of the preferred alternative and its realization through appropriate control action is similar to the action of the measurement on the quantum object.

*Keywords:* reduction, measurement, choice on a set of alternatives, decision making, mutually additional concepts.

### *Введение*

В работах [1–3; 8] авторами выведены соотношения неопределенностей, связывающие информацию, время и ресурсы, возникающие в задачах принятия управленческих решений. В основу рассмотрения выявленных макроскопических аналогий с соотношениями неопределенностей квантовой физики положен принцип дополнительности Н. Бора, распространенный им на социальные системы [5]. В рамках этого принципа пары рациональных и иррациональных процедур связаны соотношением неопределенностей и являются взаимно дополнительными понятиями.

Вопрос о влиянии измерения на квантовый объект является одним из ключевых в квантовой физике, поскольку на этом уровне структурной организации материи принципиально необходим учет взаимодействия исследуемого объекта с экспериментальной

**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.

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 180 опубликованных научных работ.

Электронный адрес: palkin@rosnou.ru

установкой. Согласно квантовой теории квантовая система до измерения находится в суперпозиции допустимых состояний. Принято также считать, что после измерения, которое позволяет определить часть параметров системы, волновая функция скачком меняется, принимая вид, соответствующий измеренным значениям параметров.

Одним из способов формального описания этого перехода является понятие редукции (коллапса) волновой функции (редукция фон Неймана) [7], определяемое как мгновенное изменение описания квантового состояния (волновой функции) объекта, происходящее при измерении. Поскольку из мгновенности изменения формально следует расширение взаимодействия со скоростью, превышающей скорость света, то считается, что такая редукция не является физическим процессом, а представляет собой математический прием описания наблюдаемого результата.

По этому поводу, однако, единое мнение отсутствует: наряду с осторожными высказываниями выдвигаются также радикальные идеи относительно существования реального явления – так называемой объективной редукции, отражающей физические процессы, доступные для измерения [9].

Не вдаваясь в детали этой проблемы, сосредоточим внимание на ряде обусловленных принципом дополненности конструктивных аналогий между измерением параметров квантовых объектов и действиями сознательного субъекта в процессе выбора решения на множестве альтернатив.

Принцип дополненности был выдвинут Бором в 1927 году в качестве инструмента полного совместного описания наблюдаемых кинематических и динамических параметров квантовой системы. Тем не менее было принято ключевое положение, что все эмпирические данные должны быть описаны с помощью классических понятий, адекватных человеческому сознанию и мышлению. Действительно, по утверждению Бора, «словом «эксперимент» мы указываем на такую ситуацию, когда мы можем сообщить другим, что именно мы сделали и что именно мы узнали. Поэтому экспериментальная установка и результаты наблюдений должны описываться однозначным образом на языке классической физики».

Иными словами, результат эксперимента должен в той или иной форме представлять собой словесное сообщение, несущее семантическую информацию [6], то есть сведения, в той ли иной мере снимающие априорную неопределенность относительно исхода опы-

О редукции принятых к рассмотрению альтернатив в процессе принятия ...

та. В частности, в рамках принципа дополнительности принято положение, согласно которому нахождение словесного эквивалента той или иной мысли аналогично действию измерения на квантовый объект. Очевидно, что здесь речь идет о редукции альтернатив формулируемого сообщения в обыденном смысле этого термина.

В этой связи можно отметить, что требуемая для объективного описания однозначность определений обеспечивается посредством использования математической символики именно потому, что тем самым исключаются неявные ссылки на сознательный субъект, которые неизбежно присутствуют в повседневном языке.

Следует подчеркнуть, что именно это положение, требующее использования классических понятий, не могло не привести к выявлению множества очевидных аналогий использования принципа дополнительности во многих других областях человеческой деятельности, в том числе при рассмотрении общих проблем теории познания, а также применительно к процессам, исследуемым в рамках биологии и психологии.

#### *Особенности использования взаимно дополнительных понятий при выборе решений*

Указывая на неизбежность использования при описании разнообразия сознательной деятельности противоречивых по сути способов ее выражения, Бор особо выделил роль понятия целесообразности [5], чуждое физике и химии, однако, как правило, детерминирующее действия сознательного субъекта. Именно наличие цели является неотъемлемой детерминантой мышления и жизнедеятельности человека, выступающего в качестве лица, принимающего решение (далее – ЛПР).

Результат достижения целевого эффекта может быть зафиксирован по факту синтеза определенного продукта (материального либо интеллектуального), обладающего некоторой измеримой ценностью (полезностью), детерминирующей его экономическую ценность (стоимость).

В общем случае цель можно определить как модель желаемого состояния системы в будущем. Осознание наличия цели вытекает из возникновения в социально-экономической системе потребности разрешить ту или иную проблемную ситуацию (противоречие между имеющимся и желаемым состоянием системы). Принято различать цели функционирования, развития (количественные изменения) и эволюции (качественные изменения) систем. В рамках системного подхода различают цели, объективно существующие и задаваемые извне (системой более высокого уровня иерархии).

Постановка общей задачи принятия решения традиционно предполагает рассмотрение цели управления, а также лимита времени, отводимого на принятие решения, и ресурсов, необходимых для синтеза решения. Формально модель такой задачи можно представить в виде

$$S_{\text{упр}} = \langle F_{\text{ц}}, S_{\text{исх}}, M_s, M_R, K, R \rangle, \quad (1)$$

где  $F_{\text{ц}}$  – цель принятия решения, которая состоит в синтезе оптимального управляющего воздействия для перевода объекта управления (далее – ОУ) в требуемое состояние;  $S_{\text{исх}}$  – исходные сведения для порождения альтернативных вариантов решения;  $M_s$  – множество синтезированных ЛПР альтернативных моделей ситуации;  $M_R$  – множество порожденных и сформулированных ЛПР альтернативных решений;  $K$  – критерии, на основе которых ЛПР производит выбор конкретного решения;  $R$  – выбранное решение.

Выполняемые ЛПР действия состоят в преобразовании исходных сведений относительно состояния ситуации принятия решения  $S_{\text{исх}}$  в окончательное решение  $R$ , выбранное на множестве принятых к рассмотрению альтернатив:

$$R = K\{F(S_{\text{исх}}) \rightarrow \exists M_R\}. \quad (2)$$

При этом на основе исходных сведений ЛПР синтезирует множество альтернативных моделей ситуации, которым затем приводит в соответствие множество решений. В процессе размышлений ЛПР по поводу необходимой полноты этого множества оно может пополняться и видоизменяться, однако к моменту выбора решения к рассмотрению принимается фиксированное множество альтернатив  $M_R$ .

Взаимно дополнительными составляющими действий ЛПР является *процесс размышления* (выполнение расчетных, логических и эвристических процедур) и *волевой акт управляющего воздействия*, обусловленный выбранным решением по критерию его предпочтительности. При этом семантика выбранного решения  $R$  отображает словесный эквивалент мысли ЛПР, окончательно констатирующей предпочтительность конкретной альтернативы, соответствующей одной из возможных моделей ситуации принятия решения. Выбор этой альтернативы и есть результат сравнительного эвристического измерения на порядковой (ранговой) шкале вероятности (степени) достижения требуемого целевого эффекта каждой из рассматриваемых альтернатив.

Для передачи в ОУ управляющего воздействия ЛПР готовит и направляет по контуру обратной связи определенное сообщение  $S_{\text{упр}}$ , несущее инструкцию (команду) по переходу ОУ в требуемое состояние с учетом состояния обстановки. Следует подчеркнуть, что информация, которой оперирует ЛПР в процессе анализа ситуации и синтеза решений при этом не передается, содержание сообщения  $S_{\text{упр}}$  (и несомая им командная информация) представляет собой результат выбора как квинтэссенцию размышлений ЛПР.

#### *Принятие решений в свете принципа дополнительности*

Принципиальное отличие рассматриваемых аналогий от редукции волновой функции состоит в том, что выбор конкретного варианта решения, отражающего наиболее предпочтительную для конкретного ЛПР модель ситуации принятия решения, обусловлен наличием конкретной цели осуществляемого процесса (цикла) управления.

К моменту реализации решения ЛПР располагает ограниченным множеством альтернатив (вариантов решения), отражающих синтезированные им за промежуток времени  $\Delta t_c \leq t_{\text{оп}}$  модели ситуации принятия решения (состояние ОУ и обстановки на момент выбора решения). Как правило, ЛПР ранжирует альтернативные модели (элементы множества  $M_s$ ) по степени их предполагаемой адекватности реальной ситуации.

Основанием для установления порядка предпочтительности альтернативных решений может служить эвристическое определение ЛПР значений их остаточной энтропии  $H_r$ , отражающей степень его неуверенности в точности той или иной модели ситуации принятия решения:

$$H_1 < H_2 < H_1 \dots < H_{\text{min}}, \quad (3)$$

где  $H_{\text{min}}$  – остаточная энтропия наиболее предпочтительной модели, соответствующей максимальной априорной вероятности достижения цели при выборе решения  $R$ ; знак  $<$  означает «менее предпочтительная альтернатива».

Следовательно, к моменту перехода от размышлений (сравнительного оценивания альтернатив) к принятию решения состояние ситуации принятия решения можно формально представить в виде *суперпозиции* всех предъявленных к выбору вариантов решения, где роль постоянных коэффициентов при функции принятия решения играют эвристически определенные ЛПР значения  $P_i$  априорной вероятности достижения цели операции:

О редукции принятых к рассмотрению альтернатив в процессе принятия ...

$$S_{\text{снт}} = \sum P_i(F_{\text{ц}}). \quad (4)$$

Как правило, подразумевается, что вероятности принятых к выбору альтернатив составляют полную группу событий, однако нередко ЛПР ограничивается сравнением относительных вероятностей, устанавливая между ними отношение строгого порядка:

$$P_1 \prec P_2 \prec P_i \dots \prec P_R, \quad (5)$$

где  $P_R$  – априорная вероятность достижения цели при выборе решения  $R$ .

Следует отметить, что при формальном упорядочении результатов ранжирования альтернативных вариантов ЛПР, как правило, будет пользоваться матричным представлением ситуации принятия решения, отражающим связь между множеством моделей ситуации принятия решения и множеством вариантов решения через значения априорной вероятности достижения цели или остаточной энтропии.

Можно считать, что в момент принятия решения ЛПР осуществляет **измерение** (оценивание вероятности достижения требуемого целевого эффекта) с последующим качественным переходом от размышлений по поводу предпочтительности альтернатив к действию – подаче на ОУ управляющего воздействия, соответствующего выбранному (принятому) решению. В качестве измеряемой здесь выступает единственная альтернатива, определенная ЛПР как обеспечивающая наибольшую вероятность достижения цели операции [4].

Результат выбора такого решения представляет собой **редукцию** множества альтернатив к одному решению с конкретными наблюдаемыми последствиями:

$$R = K\{\sum p_i F_{\text{ц}}\} \rightarrow P_R(F_{\text{ц}}). \quad (6)$$

Формальная аналогия с редукцией волновой функции выглядит вполне очевидной. В отличие от редукции фон Неймана (коллапс волновой функции квантовой системы) выбор описания (модели) ситуации принятия решения и соответствующего решения происходит в сознании ЛПР не мгновенно, а за конечный промежуток времени. Поэтому можно считать, что здесь имеет место реальный процесс, а не только математический прием описания явления.

Кроме того, принятое в рамках действия расширенного принципа дополненности Бора положение, согласно которому нахождение словесного эквивалента той или иной мысли аналогично действию измерения на квантовый объект, может быть дополнено применительно к практике управления. Можно считать, что **нахождение ЛПР предпочтительной альтернативы и ее реализация посредством соответствующего управляющего воздействия аналогично действию измерения на квантовый объект**. При этом действия ЛПР (сравнительное оценивание априорных вероятностей достижения цели) имеют необходимые и достаточные признаки измерительной процедуры.

Роль измерительного устройства играет мыслительный аппарат эксперта, формулирующего (за конечный промежуток времени) на конкретном языке мысль о готовности к управляющему воздействию. Тем не менее **редукция решения проявляется только после отработки ОУ управляющего воздействия**. Очевидно, что такой макроскопический процесс в отличие от редукции волновой функции носит **объективный характер и не противоречит принципу причинности**.

Следует также еще раз отметить, что при реализации решения посредством подачи на ОУ управляющего воздействия **информация, полученная ЛПР относительно состояния ситуации принятия решения, практически не передается**, поскольку ОУ получает всего лишь определенную команду на его переход в целевое состояние.



### *Цели управления и распространение информации*

Распространение принципа дополнительности на поведение живых организмов автоматически привело к принятию априорного положения о целенаправленности органического процесса в качестве эвристического принципа. В соответствии с задачей изучения явлений, свойственных живому организму как эмпирическому объекту, понятие цели приобрело устойчивую связь с сохранением и воспроизводством живых организмов, а понятие целесообразности – с регулируемыми механизмами, обеспечивающими достижение этих целей.

Особое место в протекании эволюционного процесса занимает человек, который, с одной стороны, является участником этого процесса, с другой – его наблюдателем. Поэтому наше понимание цели, связанное с человеческой жизнедеятельностью, мы проецируем на поведение других живых организмов, приписывая им наличие осознанных целей.

Как следствие, к объективно существующим целям в первую очередь принято относить именно проявление целесообразности в процессе эволюции живой природы. Эволюционный успех индивидуальной особи, как известно, состоит в сохранении и распространении своей генетической информации, увеличении численности популяции и вида. Обеспечивается такой успех действием двух мощных инстинктов (питание и воспроизводство), а также разнообразием генофонда в условиях неопределенности естественной среды обитания.

Следовательно, можно считать, что целью любого живого организма является максимальное распространение несомой им информации, а реальный результат жизнедеятельности состоит в оптимизации степени достижения этой цели (с учетом естественных ограничений, накладываемых биосферой).

В полной мере это относится и к нашему биологическому виду. Сегодня, как и прежде, каждая особь нашего вида, безусловно, ориентирована на стремление к осознанной эволюционной цели выживания и воспроизводства за счет адаптации к изменяющимся условиям глобальной среды обитания, каковой является биосфера, неотъемлемым компонентом которой остается наш вид.

Однако при этом современный уровень технологического развития человеческого социума открыл перед ним возможность адаптации к условиям биосферы посредством воздействия на процессы, протекающие в самой биосфере.

Очевидно, что аналогичные осознанные цели эволюции характерны и для сложных организационно-технических систем, ведущих бизнес в условиях статистической неопределенности мировой экономической системы. Тогда эволюционный успех состоит в сохранении самого бизнеса как системы и в максимальном распространении его продукции, в структуру которой закладывается конкретная информация, синтезированная в процессе ее создания.

Обратим внимание на следующее обстоятельство. Управление бизнесом направлено на создание и распространение определенных продуктов и услуг. Эта продукция выносятся на рынок в расчете на то, что ее кто-то приобретет, чтобы создать свой продукт для дальнейшего продвижения на рынке. При этом генерируется новая информация, содержащаяся в структуре любого создаваемого продукта, алгоритмах выполнения услуг, в том числе консалтинговых и образовательных.

Таким образом, цель ЛПР, управляющего функционированием, развитием и эволюцией организационно-технической системы, состоит в распространении порождаемой в них информации подобно тому, как это происходит в ходе эволюционного процесса в живой природе.

О редукции принятых к рассмотрению альтернатив в процессе принятия ...

Очевидно, что иерархическая структура сложных организационно-технических систем детерминирует наличие целей, формулируемых на верхних уровнях иерархии и задаваемых подчиненным ЛПР нижних уровней задач (подцелей), выполнение которых обеспечивает достижение этих целей. Таким образом, на социальном уровне каждый человеческий индивид ориентирован в своем функционировании на содействие выполнению целей экономических и политических систем высшего уровня иерархии, тем самым обеспечивая себя ресурсами для следования своим целям как биологическая особь.

#### Заключение

Особенность современного этапа эволюции человека и общества состоит в том, что наш вид, будучи всего лишь одним из огромного количества видов, составляющих биосферу, благодаря своей технологической эволюции, то есть созданию и распространению небиологической информации, сегодня практически сравнялся с биосферой в части владения ресурсами для управления природными явлениями.

Выход человечества за пределы действия законов биосферы со всей очевидностью ведет к возрастанию неопределенности динамики изменения условий его биологической эволюции. В этих условиях целенаправленный выбор оптимальных управленческих решений для достижения целей стратегического уровня и прогнозирования побочных эффектов таких решений выдвигается на уровень глобальной проблемы человеческой цивилизации.

Можно полагать, что привлечение эвристических возможностей принципа дополненности позволит выявить новые средства описания, понимания и решения подобных проблем.

#### Литература

1. Клименко И.С., Палкин Е.А. О соотношениях неопределенностей в диаде информация – время и значении его константы // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2021. Вып. 4. С. 80–87.
2. Клименко И.С., Палкин Е.А. О соотношениях неопределенностей в триаде информация – время – ресурсы, возникающих в процессе принятия решений // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2022. Вып. 2. С. 61–68.
3. Клименко И.С., Шарипова Л.И. Оптимизация управленческих решений и соотношение неопределенности информация – время // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2021. Вып. 1. С. 37–43.
4. Харкевич А.А. О ценности информации // Проблемы кибернетики. 1960. Вып. 4. С. 54–60.
5. Bohr N. (1959) *Atomic Physics and Human Knowledge*. New York.
6. Floridi L. (2010) *The philosophy of information*. *Metaphilosophy*, Oxford, UK, vol. 41, No. 3, pp. 420–442.
7. J. von Neumann (1932) *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, Berlin, Springer.
8. Klimenko I.S., Palkin E.A., Sharapova L.V. (2021) Bohr's complementarity principle and management decision making. *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 432, pp. 181–189.
9. Penrose R. (1989) *The Emperor's New Mind*. Oxford, Oxford University Press.

#### References

1. Klimenko I.S., Palkin E.A. (2021) *O sootnosheniyakh neopredelennosti v diade informatsiya-vremya i znachenii ego konstanty* [On the uncertainty relations in the information-time dyad and the meaning of

- its constant]. *Vestnik Rossiiskogo novogo universiteta. Seriya: Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie*, No. 1, pp. 80–87 (in Russian).
2. Klimenko I.S., Palkin E.A. (2022) *O sootnosheniyakh neopredelennosti v tryade informatsiya – vremya – resursy, vznikaiuschikh v processe priniatiya resheniya* [On the uncertainty relations in the information-time triad arising in the decision-making process]. *Vestnik Rossiiskogo novogo universiteta. Seriya: Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie*, No. 2, pp. 61–68 (in Russian).
3. Klimenko I.S., Sharapova L.I. (2021) *Optimizatsiya upravlencheskikh reshenii i sootnoshenie neopredelennosti informatsiya – vremya* [Optimization of managerial decisions and the ratio of uncertainty information – time]. *Vestnik Rossiiskogo novogo universiteta. Seriya: Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie*, No. 1, pp. 37–43 (in Russian).
4. Kharkevich A.A. (1960) *O tsennosti informatsii* [On the value of information]. *Problemy kibernetiki*, vol. 4, pp. 54–60 (in Russian).
5. Bohr N. (1959) *Atomic Physics and Human Knowledge*, New York.
6. Floridi L. (2010) The philosophy of information. *Metaphilosophy*, Oxford, vol. 41, No. 3, pp. 420–442.
7. J. von Neumann (1932) *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, Berlin, Springer.
8. Klimenko I.S., Palkin E.A., Sharapova L.V. (2021) Bohr’s complementarity principle and management decision making. *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 432, pp. 181–189.
9. Penrose R. (1989) *The Emperor’s New Mind*. Oxford, Oxford University Press.