

И.С. Клименко, Е.А. Палкин, Н.А. Белова

К ПРОБЛЕМЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТОИМОСТИ ИНФОРМАЦИИ,
ПОРОЖДАЕМОЙ В ХОДЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО
ПРОЕКТА

Аннотация. Проведен анализ связи ценности (полезности) информации с ее стоимостью. В порядке развития семантики критерия Харкевича предложена пятиуровневая лингвистическая ранговая шкала для измерения ценности информации. Показано, что повышение точности модели ситуации принятия решения, на основе которой принимается управленческое решение, обусловлено процедурой измерения количественных данных, а достижение полноты синтезируемого информационного продукта связано с расширением области ее применения за счет структуризации метаданных. Обоснована семантика группы критериев оценивания качества управленческих решений и эффективности процесса управления проектом.

Ключевые слова: ценность информации, ситуация принятия решения, критерии качества решений, стоимость информации, ранговая шкала.

I.S. Klimenko, E.A. Palkin, N.A. Belova

TO THE PROBLEM OF DETERMINING THE VALUE OF INFORMATION
GENERATED IN THE COURSE OF INNOVATION PROJECT
IMPLEMENTATION

Abstract. The relationship between the value (utility) of information and its cost is analyzed. In order to develop the semantics of the Harkiewicz criterion, a five-level linguistic ranking scale for measuring the value of information is proposed. It is shown that the increase in the accuracy of the model of the decision-making situation, on the basis of which a managerial decision is made, is conditioned by the procedure of measuring quantitative data, and the achievement of the completeness of the synthesized information product is associated with the expansion of its application due to the structurization of metadata. The semantics of the group of criteria for assessing the quality of management decisions and the effectiveness of the project management process is substantiated.

Keywords: information value, decision-making situation, decision quality criteria, information cost, ranking scale.

Введение

В современных условиях выполнение того или иного инновационного проекта направлено на создание продукта, интегрирующего в своей структуре информацию, сгенерированную лицом, принимающим решение (далее – ЛПР), и командой проекта, а также полученную извне, в том числе на рыночных условиях. Очевидно, что в любом случае получение информации связано с расходом ресурсов, лимитированных бюджетом проекта, и времени, отведенного на его выполнение. Что касается цели проекта, то она, как правило, сформулирована в виде технического задания, согласованного заказчиком и исполнителем, и представляет собой виртуальную комплексную модель локального будущего, которая может изменяться в процессе управления проектом [1; 2].

Определим цель проекта как создание интеллектуального продукта, интегрирующего ценную информацию в виде новых данных и закономерностей, полученных в процессе на-

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 более 180 опубликованных научных работ.

Электронный адрес: palkin@rosnou.ru

Белова Наталья Александровна

аспирант, Российский новый университет, Москва. Сфера научных интересов: теория систем, теория информации, теория принятия решений, ценность информации. Автор трех опубликованных научных работ.

Электронный адрес: belova_natajka@mail.ru

учного исследования, либо заложенную в структуру новой технической или IT-системы, синтезированной в процессе опытно-конструкторской разработки.

Формально задача ЛПР на старте проекта может быть представлена в виде кортежа из трех компонентов:

$$S_{np} = \langle F_{ц}, T_{доп}, R_{г} \rangle, \quad (1)$$

где $F_{ц}$ – цель проекта; $T_{доп}$ – допустимый промежуток времени на его выполнение; $R_{г}$ – совокупные ресурсы проекта.

В рамках постановки общей задачи наиболее существенными для ЛПР можно считать *интеллектуальные ресурсы*, включающие человеческий капитал, интеллектуальную собственность, информацию и инновации (знания), а также технологии ведения бизнеса и организационные знания (корпоративную культуру). Другие ресурсы, в частности финансовые, ограничены в пределах бюджета проекта, однако они также могут быть направлены на получение необходимой информации в ходе выполнения проекта.

Материалы и методы

Как отмечено в [3], в условиях лимита времени ЛПР имеет возможность дополнять ценную информацию, сгенерированную с использованием интеллектуальных ресурсов, информацией, полученной за счет затраты имеющихся финансовых (материальных) ресурсов, то есть проводить обмен ресурсов на ценную информацию.

На старте проекта ЛПР располагает определенными исходными сведениями относительно проблемной ситуации, связанной с выбором стратегии выполнения проекта и обусловленной априорной неопределенностью относительно состояния объекта исследования (проектирования) и обстановки (состояния внешней среды).

Формально цель ЛПР состоит в преобразовании исходных сведений $S_{исх}$ в оптимальное решение, которое предстоит выбрать на некотором множестве альтернатив (гипотез):

К проблеме определения стоимости информации, порождаемой в ходе выполнения ...

$$F_u = K \{ G(S_{исх}) \rightarrow \exists D \in M_a \}, \quad (2)$$

где $S_{исх}$ – исходные сведения для генерации альтернативных вариантов решения (данные относительно состояний объекта управления и обстановки); M_a – множество порожденных ЛПР альтернатив; D – выбранное решение; K – критерий (принцип), на основе которого ЛПР выбирает оптимальное с его точки зрения решение; G – оператор преобразования.

Вопрос о ценности сведений, принимаемых ЛПР в качестве информации для принятия решений, является ключевым как в прагматической теории информации, так и в общей практике управления. Хорошо известен сформулированный А.А. Харкевичем критерий [4], согласно которому ценность используемой в процессе принятия решения информации определяется приращением вероятности достижения цели:

$$I_u = \log P_1 - \log P_0 = \log(P_1 / P_0), \quad (3)$$

где P_0 – априорная вероятность достижения цели; P_1 – апостериорная вероятность достижения цели. При этом, как известно, возможны три ситуации: $P_1 > P_0$; $P_1 < P_0$ и $P_1 = P_0$.

Этот критерий позволяет отделить информацию (ценные сведения, снижающие неопределенность) от информационного шума (сведений с нулевой ценностью) и дезинформации (недостоверных сведений с отрицательной ценностью). Отметим, что степень ценности сведений, отобранных ЛПР в качестве информации, может быть измерена (оценена) только после их использования по назначению [5], следовательно, априори ЛПР оценивает только *ожидаемую ценность информации*.

Однако, по нашему мнению, идеология критерия Харкевича может быть развита применительно к получению более дифференцированной оценки ожидаемой ценности получаемой извне информации посредством ее измерения на ранговой (порядковой) шкале.

Для подтверждения этой возможности примем в качестве рабочих следующие определения.

Определение 1: *данные* – это отдельные факты, фиксируемые как *результаты наблюдений и измерений* и характеризующие свойства объектов и процессов конкретной предметной области.

Определение 2: *знания* – это закономерности предметной области, полученные в качестве *обобщенного результата практической деятельности и профессионального опыта*, позволяющие их обладателю ставить и решать практические задачи в предметной области.

Будем также иметь в виду еще одно **определение:** знания – это хорошо структурированные, логически упорядоченные данные, или *метаданные*. Подчеркнем также, что знания могут быть зафиксированы в кодифицированном виде, но также существовать как *неотделимые от конкретного индивида (эксперта)* [6].

Нетрудно видеть, что более глубокая декомпозиция множества информационных объектов позволяет выделить следующие их категории:

- знания (закономерности предметной области) – *высокая ценность*;
- данные (достоверные факты предметной области, полученные в результате измерений) – *относительно невысокая ценность*;
- информационный шум (достоверные, но бесполезные сведения) – *нулевая ценность*;
- недостоверные факты случайного характера (неумышленная дезинформация) – *относительно невысокая отрицательная ценность*;
- целенаправленно навязываемые искаженные закономерности предметной области (умышленная дезинформация) – *высокая (опасная) отрицательная ценность*.

Приведенный порядок (ряд предпочтений) отражает результат ранжирования рассматриваемых информационных объектов по степени их ценности (полезности). Как видим, возникает ранговая (порядковая) лингвистическая шкала для измерения ценности (полезности) сведений, привлекаемых в качестве информации для выполнения проекта по созданию инновационного продукта. Отметим, что такая шкала допускает усиление до уровня шкалы интервалов.

Вопрос об ожидаемой ценности информации обстоятельно рассмотрен в монографии Д. Хаббарда [7], в которой, в частности, подчеркнуто, что информация обладает стоимостью для бизнеса, поскольку позволяет снижать неопределенность в связи с решениями, имеющими экономические последствия. Для определения стоимости информации в [7] приведено понятие ожидаемых потерь от упущенных благоприятных возможностей (expected opportunity loss), размер которых определяется путем умножения вероятности выбора ошибочного решения на цену ошибки.

Ясно, что снижение неопределенности (априорной энтропии) относительно вероятности негативных последствий принимаемого решения, то есть получение необходимой (ценной) информации, автоматически приводит к уменьшению ожидаемых потерь от упущенных благоприятных возможностей, следовательно, к увеличению ожидаемой стоимости этой информации. Также ясно, что в случае полного снятия априорной неопределенности ЛПР будет располагать значением ожидаемой стоимости полной информации (expected value of perfect information). Однако в реальной практике управления риском, как правило, сохраняется некоторая остаточная неопределенность, и ожидаемая стоимость информации, соответственно, уменьшается.

При этом очевидно, что включение в модель ситуации принятия решения информационных объектов с нулевой и особенно отрицательной ценностью является основной причиной потерь от упущенных возможностей, связанных с выбором неоптимального решения.

Себестоимость, стоимость и цена информации

Наиболее существенным свойством имеющихся у ЛПР сведений, обеспечивающим получение ценной информации, можно считать их достоверность, то есть их адекватность реальному состоянию ситуации принятия решений. Далее по степени существенности следуют полнота и точность данных. Задача ЛПР состоит в преобразовании имеющихся достоверных данных в информацию, отражающую объективные закономерности предметной области. При этом выделенные в процессе анализа недостоверные сведения ЛПР идентифицирует как дезинформацию, а достоверные, но неактуальные, неполные и неточные – как информационный шум.

Введем понятия, связанные с формированием рыночной стоимости информационного объекта (продукта), создаваемого в процессе реализации проекта.

Себестоимость – затраты (расходы) ресурсов, понесенные в процессе создания информационного продукта как единого целого. Себестоимость включает все затраты, в том числе затраты временных ресурсов и расходы на реализацию продукта.

Стоимость – результат сложения себестоимости и планируемой рентабельности проекта, ориентированной на получение прибыли. Стоимость, как известно, может выражаться как в физических единицах, так и в денежной форме.

Альтернативная стоимость – характеристика наилучшей из альтернатив, упущенной ЛПР при выборе конкретных информационных объектов на множестве альтернатив.

К проблеме определения стоимости информации, порождаемой в ходе выполнения ...

Цена, рассчитываемая на основе стоимости с учетом конъюнктуры рынка и выражаемая, как правило, в денежной форме. В рассматриваемом случае цены предлагаемых извне информационных объектов устанавливаются их владельцами.

С другой стороны, для ЛПР цена – это та сумма в денежном исчислении, которую он готов заплатить за недостающую информацию в условиях дефицита времени и информационных ресурсов. В реальной практике определяется компромиссная цена, устраивающая обе стороны.

Будем считать, что целью проекта является получение полной и точной информации относительно предмета исследования, то есть достижение полного снятия априорной неопределенности. В идеальном случае достижения этой цели все затраты ресурсов и времени, составляющие себестоимость, окажутся направленными на приобретение информации, ценной (по критерию Харкевича). Согласно этому критерию, как уже отмечалось, ценность информационного объекта определяется изменением вероятности достижения цели вследствие его использования по назначению, в нашем случае – для включения в структуру синтезируемого инновационного (информационного) продукта.

Однако очевидно, что априори речь может идти только об *ожидаемой* вероятности достижения цели. Реальная ценность использованного информационного объекта может быть измерена (оценена) исключительно апостериори – при определении эффективности управляющих воздействий на объект управления.

Обобщенный показатель эффективности, как известно, интегрирует три частных показателя: результативность (степень достижения целевого эффекта) Y_u , оперативность Y_o и ресурсоемкость Y_p :

$$Y_{эфф} = \langle Y_u, Y_o, Y_p \rangle \quad (4)$$

В рассматриваемом случае значение результативности определяется степенью положительного изменения вероятности достижения цели, которая оценивается ЛПР на экспертном уровне.

Во-первых, ЛПР в каждом цикле управления оценивает новое значение ожидаемой вероятности достижения цели, во-вторых, определяет вклад использованного информационного объекта в степень возрастания полноты (и точности) порождаемой информации.

Можно считать, что повышение точности *модели* ситуации принятия решения, на основе которой и принимается управленческое решение, обусловлено появлением в поле зрения ЛПР более точно измеренных *количественных данных*, а достижение полноты синтезируемого информационного продукта связано с расширением области ее применения за счет структуризации *метаданных*.

Что касается ресурсов и времени, затраченных на достижение этих результатов, то они определяют *себестоимость* полученной информации. Очевидно, что при этом ценность полученных знаний составляет наиболее существенную долю общей ценности информации. В общем случае информация, сгенерированная командой проекта, будет дополнена информацией, приобретенной на рыночных условиях по согласованной цене, которая также автоматически будет включена в себестоимость продукта.

Как видим, структура себестоимости проекта интегрирует две составляющие:

- стоимость информации, вовлекаемой в проект извне;
- себестоимость информации, синтезированной в результате выполнения проекта.

С учетом предполагаемой рентабельности ЛПР может считать, что ресурсы бюджета проекта составят *ожидаемую* стоимость полной информации (expected value of perfect information).

В общем случае определенная часть затрат ресурсов и времени окажется направленной на получение сведений, носящих признаки информационного шума и дезинформации, то есть имеющих нулевую и отрицательную ценность. В конечном итоге это приведет к снижению научной и/или практической ценности создаваемого информационного продукта, следовательно, и его ожидаемой стоимости при дальнейшей реализации на рыночных условиях.

По существу ЛПР определяет стоимость действий по уменьшению априорной неопределенности, то есть действий по измерению количества и ценности информации, получаемой извне, и информации, создаваемой (генерируемой) в процессе выполнения проекта. Иными словами, речь идет о стоимости измерения вероятности выбора наилучшего решения на множестве альтернатив при генерации информации.

Обсуждение

В терминах теории эффективности можно судить о качестве принимаемых решений и эффективности их реализации [8] для достижения цели проекта, поэтому желательно сформировать систему критериев для оценивания качества решений и эффективности процесса управления проектом.

Представляется целесообразным при оценивании качества решений в роли критерия пригодности решения принять отсутствие в структуре решения сведений, несущих целенаправленную дезинформацию. Тогда исключение случайных недостоверных данных будет соответствовать критерию оптимальности. Наконец, исключение сведений, несущих информационный шум, приведет к удовлетворению критерия превосходства.

В качестве критериев эффективности логично привлечь известные критерии [6], используемые для оценивания вероятностных процессов.

Так, согласно критерию оптимальности операция считается эффективной, если вероятность достижения цели по обобщенному показателю эффективности равна вероятности достижения цели с оптимальным значением этого показателя:

$$P_{d.ц}(Y_{эфф}) = P_{d.ц}(Y_{эфф}^{opt}). \quad (5)$$

В условиях неполной определенности ЛПР, ориентируясь на выполнение критерия оптимальности по обобщенному показателю эффективности, как правило, допускает возможность ограничиться выполнением критерия пригодности, согласно которому операция считается эффективной, если вероятность достижения цели по обобщенному показателю эффективности окажется не меньше допустимой вероятности достижения цели по этому показателю:

$$P_{d.ц}(Y_{эфф}) > P_{d.ц}(Y_{эфф}^{don}). \quad (6)$$

При этом следует иметь в виду, что в силу существования неоднородной связи между такими частными показателями эффективности, как оперативность и ресурсоемкость, оптимизация по обобщенному показателю эффективности в основном будет направлена на достижение их наилучшего с точки зрения ЛПР соотношения при обязательном условии достижения цели.

Однако в ходе выполнения проекта необходимо учитывать текущие изменения контролируемых параметров. Эволюцию априорной информации о цели (и плане) в ходе реализации проекта можно оценить изменением вероятности достижения цели. Тогда изменение с течением времени ценной информации, вовлекаемой в проект, измеряется как

К проблеме определения стоимости информации, порождаемой в ходе выполнения ...

$$dI(t) = \log_2 \left(\frac{P(t+dt)}{P(t)} \right) \quad (7)$$

или в дифференциальной форме как

$$\frac{dI(t)}{dt} = \frac{1}{\ln 2} \frac{d \ln(P(t))}{dt} = \frac{1}{\ln 2} * \frac{1}{P(t)} * \frac{dP(t)}{dt} \quad (8)$$

Здесь $P(t)$ – вероятность достижения цели (окончание проекта) в момент времени t .

График ожидаемой стоимости информации, приведенный в [7] имеет выпуклый асимптотический характер. Это означает, что стоимость искомой (полезной) информации сначала претерпевает быстрый рост с каждым небольшим снижением неопределенности, а затем по мере исчерпания целевых информационных ресурсов неопределенность приближается к нулю, и кривая асимптотически стремится к уровню ожидаемой полной информации.

Представляется целесообразным в качестве модели, отражающей изменения вероятности достижения цели со временем, то есть правой части (8) принять логистическую модель. Действительно, можно ожидать, что на начальном этапе поиска ценной информации исходная неопределенность для ЛПР относительно нахождения и формирования адекватной предметной области будет снижаться весьма медленно. Однако далее в силу обилия незадействованной ценной информации и в связи с отработкой методологии ее идентификации вероятность достижения цели со временем будет нарастать стремительно.

Тогда изменение вероятности достижения цели $P(t)$ на интервале dt можно задать формулой

$$dP(t) = k(1 - P(t))P(t)dt. \quad (9)$$

Здесь k – некоторый коэффициент, задающий скорость изменения (увеличения) вероятности в ходе выполнения проекта или *интенсивность выполнения проекта*. По сути (9) есть формула изменения полной вероятности на интервале $(t + dt)$, при условии, что к этому моменту цель еще не достигнута.

Дальнейшее исследование целесообразно направить на развитие логистической модели с учетом процесса порождения априорной информации, определяющей план выполнения процесса.

Заключение

Резюмируя изложенное, зафиксировав внимание на следующих положениях.

Стоимость информации, существенной для достижения цели проекта, определяется совокупной ценностью интегрируемых в конечный продукт информационных объектов. В общем случае структура себестоимости и, соответственно, стоимости (с учетом ожидаемой рентабельности) содержит компоненты с различной ценностью. Поэтому при фиксированной себестоимости (лимитируемой ресурсными ограничениями) ценность созданного инновационного продукта может существенно варьироваться, что, безусловно, будет сказываться на его ожидаемой рыночной стоимости.

Предложенная в настоящей работе ранговая измерительная шкала и система критериев для измерения ценности привлекаемых информационных объектов могут быть полезными с точки зрения достижения требуемых полноты и точности информации, составляющей продукт проекта.

Литература

1. *Высоцкий Роберт К.* Эффективное управление проектами. 7-е издание // Onepress. 2018. 776 с.
2. *Каши Шива К., Шай Розенес С., Бен-Гал И.* Мониторинг управления проектом на основе ожидаемой энтропии продолжительности // Энтропия-Базель. 2020. Т. 22, № 905.
3. *Клименко И.С., Палкин Е.И.* 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. № 2. С. 61–68.
4. *Харкевич А.А.* О ценности информации // Проблемы кибернетики. 1960. Вып. 4. С. 54–60.
5. *Клименко И.С., Белова Н.А., Шарапова Л.В.* К проблеме определения ценности информации в условиях информационного общества // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». 2018. №. 2. С. 54–62.
6. *Клименко И.С.* Теория систем и системный анализ: учебное пособие. М.: КНОРУС, 2014. 264 р.
7. *Хаббард Д.* Как измерить все, что угодно. Оценка стоимости нематериального в бизнесе. М.: Олимп-Бизнес, 2009.
8. *Клименко И.С., Коровко П.Г., Шарапова Л.В.* К проблеме оценивания качества управленческих решений и эффективности управления // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». 2017. № 1. С. 53–57.

Literature

1. Wysocki Robert K. (2018) [Effective Project Management: Traditional, Adaptive, Extreme]. Onepress, 776 p. (in Russian).
2. Cohen-Kashi S., Rozenes S., Ben-Gal I. (2020) [Project Management Monitoring Based on Expected Duration Entropy]. *Jentropija-Bazel'*, Vol. 22, No. 905 (in Russian).
3. Klimenko I.S., Palkin E.A. (2022) [On the uncertainty relations in the information-time triad arising in the decision-making process]. *Vestnik of Russian New University. Series: Complex Systems: Models, Analysis, Management*, No. 2, Pp. 61–68 (in Russian).
4. Kharkevich A.A. (1960) [On the value of information]. *Problemy kibernetiki*, Vol. 4, Pp. 54–60 (in Russian).
5. Klimenko I.S., Belova N.A., Sharapova L.V. (2018) [On the problem of determining the value of information in the conditions of the information society]. *Vestnik of Russian New University. Series: Complex Systems: Models, Analysis, Management*, No. 2, Pp. 61–68 (in Russian).
6. Klimenko I.S. (2021) *Teoriya sistem i sistemnyi analiz* [Theory of systems and system analysis: Study guide]. Moscow: KNORUS Publishing, 264 p. (in Russian).
7. Hubbard D.W. (2007) *Kak izmerit' vse, chto ugodno. Ocenka stoimosti nematerial'nogo v biznese* [How to measure anything. Estimating the value of intangibles in business]. Moscow: Olimp-Business Publishing, 287 p. (in Russian).
8. Klimenko I.S., Korovko P.G., Sharapova L.V. (2017) [On the problem of assessing the quality of management decisions and management efficiency]. *Vestnik of Russian New University. Series: Complex Systems: Models, Analysis, Management*, No. 1, Pp. 53–57 (in Russian).