

УПРАВЛЕНИЕ СЛОЖНЫМИ СИСТЕМАМИ

DOI: 10.25586/RNU.V9I187.21.01.P.037

УДК 330.46

И.С. Клименко, Л.В. Шарапова

ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И СООТНОШЕНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИНФОРМАЦИЯ – ВРЕМЯ

С позиций системного подхода рассмотрена проблема выбора управленческих решений в условиях неполной определенности. В рамках общей задачи принятия решений проанализировано соотношение неоднородно связанных параметров, характеризующих степень неопределенности ситуации принятия решения и длительность промежутка времени, затрачиваемого на синтез модели этой ситуации применительно к выбору оптимального управленческого решения. По аналогии с соотношением неопределенности энергия – время квантовой механики сформулировано соотношение неопределенности информация – время, отражающее специфику общей задачи принятия решений в условиях неопределенности.

Ключевые слова: неопределенность, соотношение неопределенности, принятие решений, риск, качество решений, эффективность управления.

I.S. Klimenko, L.V. Sharapova

OPTIMIZATION OF MANAGEMENT SOLUTIONS AND UNCERTAINTY RATIO INFORMATION – TIME

From the standpoint of a systematic approach, the problem of the choice of management decisions in conditions of incomplete certainty is considered. Within the framework of the general problem of decision-making, the ratio of inhomogeneously related parameters characterizing the degree of uncertainty of the decision-making situation and the duration of the time period spent on synthesizing a model of this situation in relation to the choice of the optimal management decision is analyzed. By analogy with the uncertainty relation energy – time of quantum mechanics, the uncertainty relation information – time is formulated, reflecting the specifics of the general problem of decision-making under conditions of uncertainty.

Keywords: uncertainty, uncertainty relation, decision making, risk, decision quality, management efficiency.

Вводные замечания

Основной подход к рассмотрению общей задачи принятия решения (ОЗПР) основан на системном анализе, выполняемом лицом, принимающим решение (ЛПР), в отношении информационных объектов, составляющих структуру сообщений, циркулирующих в информационной среде.

Выбор решения на множестве альтернатив, как правило, представляет собой оптимизационную задачу, в которой целевой характеристикой для ЛПР является качество решения, то есть степень его соответствия условиям ситуации принятия решения, а роль ограничений играют априорная степень неопределенности относительно этих условий, а также лимит времени и ресурсов, отводимых на принятие решения. Очевидно, что эти

Теория управления. Общие вопросы

ограничения тесно связаны, поскольку лимит времени ограничивает возможности ЛПР в части поиска информации относительно реальной ситуации принятия решения. В то же время лимит ресурсов ограничивает ЛПР в части приобретения такой информации, в том числе на рыночных условиях.

Методология системного анализа базируется на принципах прагматической теории информации, согласно которой информация определяется как мера снятия неопределенности для достижения цели. При такой постановке множество рассматриваемых ЛПР информационных объектов естественным образом содержат наряду с истинной (достоверной) информацией информационный шум и дезинформацию, порождающие неопределенность ситуации принятия решений.

В связи с этим на передний план выдвигается проблема определения ценности информационных объектов [7], используемых для моделирования ситуации принятия решений и выбора оптимального решения в течение ограниченного промежутка времени.

Логическим продолжением принятого подхода является постановка задачи корректного измерения как качества информационных объектов (сведений), принимаемых для синтеза оптимальной модели ситуации принятия решения и выбора оптимального решения, так и эффективности завершеного процесса управления – степени достижения целевого эффекта при конкретных затратах ресурсов и времени.

Это автоматически приводит к рассмотрению проблемы выбора критериев оценивания качества решений, принимаемых в условиях неопределенности, а также эффективности управления сложными системами.

Материалы и методы

В рамках системного подхода любой объект, явление или процесс принято рассматривать как сложную систему, движущуюся к заранее поставленной или объективно существующей цели.

Это в полной мере относится к задачам принятия решений по управлению сложными системами, направленными на достижение цели, состоящим в переводе объекта управления (ОУ) в заданное конечное состояние. При этом на каждом шаге движения к цели, то есть в каждом цикле управления, ЛПР выбирает в условиях неполной определенности и ограниченного времени очередное решение о переводе ОУ в новое состояние, соответствующее заданному целенаправленному характеру его поведения.

Моделирование процесса управления как сложной системы упорядоченных событий с необходимостью требует принимать во внимание особенности сложных систем, в частности неизбежное присутствие в них неоднородных (векторных) связей [2].

Влияние неоднородных связей на принимаемые решения по выбору оптимальной альтернативы состоит в том, что улучшение одних характеристик системы неизбежно сопровождается ухудшением других. Иными словами, при анализе сложной системы обнаруживаются определенные пары существенных характеристик, для которых оказывается невозможным их одновременное улучшение.

Это обстоятельство накладывает серьезные ограничения на процессы моделирования сложных систем; отсюда вытекает такое положение системного анализа, как принцип компромисса между точностью и сложностью синтезируемой модели. Данный принцип отражает тот факт, что стремление построить точную модель посредством учета как мож-

Оптимизация управленческих решений и соотношение ...

но большего количества свойств прототипа приводит к неограниченному нарастанию ее сложности. В полной мере с наличием неоднородных связей в системе соотносится известная проблема корректности критерия превосходства.

Объективное возрастание сложности модели, синтезируемой ЛПР, неотъемлемо связано с нарастанием степени неопределенности ситуации принятия решения и порождает ею риска. Универсальное множество альтернатив в условиях неопределенности принимается как однозначно неопределенное, то есть может пополняться и видоизменяться в процессе выбора. Кроме того, принцип выбора оптимальной альтернативы также остается неформализованным.

Формально модель общей задачи принятия решения $S_{з.п.р}$ можно представить [2] в виде кортежа

$$S_{з.п.р} = \langle F_{ц}, T_{доп}, P_{рес}, N_{реш}, S_{исх}, M_{сиг}, A_{реш}, R, K \rangle, \quad (1)$$

где $F_{ц}$ – цель принятия решения; $T_{доп}$ – допустимый промежуток времени на принятие решения; $P_{рес}$ – ресурсы, которыми располагает ЛПР на принятие решения; $N_{реш}$ – риск решения, порождаемый неопределенностью ситуации принятия решения; $S_{исх}$ – исходные сведения для порождения альтернативных вариантов решения (данные относительно состояний ОУ и обстановки); $M_{сиг}$ – множество моделей ситуации принятия решения, синтезированных ЛПР; $A_{реш}$ – множество порожденных ЛПР альтернатив решения относительно применения к ОУ конкретного управляющего воздействия; R – выбранное решение, которое сочтено ЛПР оптимальным; K – критерий выбора (правило, на основе которого ЛПР выбирает оптимальное с его точки зрения решение).

Результаты

На практике ЛПР ищет компромисс между степенью соответствия рассматриваемой модели реальной ситуации (ее точностью) и промежуток времени, отводимым на ее порождение. Очевидно, что точность модели при этом можно повысить, увеличивая продолжительность процедуры ее синтеза в пределах допустимого промежутка времени $T_{доп}$.

Следовательно, задача оптимизации модели ситуации принятия решения формально может быть представлена в следующем виде:

$$\Delta M_{сиг} \Delta T_c \approx \text{const при } \Delta T_c \leq T_{доп}, \quad (2)$$

где $\Delta M_{сиг}$ – неточность (неопределенность) модели; ΔT_c – промежуток времени, отводимый ЛПР на ее синтез в пределах его допустимого значения.

Неточность модели, в свою очередь, определяет остаточную энтропию решения, поэтому выражение (2) можно записать в виде

$$\Delta H_{реш} \Delta T_c \approx \text{const при } \Delta T_c \leq T_{доп}, \quad (3)$$

где $\Delta H_{реш}$ – остаточная энтропия (степень неопределенности) решения.

Смысл принятия и реализации управленческих решений заключается в снижении рисков выбора неудачного решения, что отражается в известной формуле – произведение величин инвестиций (затрачиваемых ресурсов) и риска есть величина постоянная:

$$P_{рес} N_{реш} = \text{const}. \quad (4)$$

Теория управления. Общие вопросы

Затраты ресурсов при этом можно рассматривать как плату за увеличение шансов на успешный результат (увеличение вероятности достижения цели).

В конечном итоге именно качество сведений [1], используемых ЛПР для принятия решения (в первую очередь их достоверность, полнота и точность), определяет *ценность* принятого решения с точки зрения перспективы его использования по назначению, то есть для реализации управляющего воздействия по переводу ОУ в очередное требуемое состояние.

Обсуждение

Выбор решений в условиях неполной определенности представляет собой весьма распространенную задачу в любой практической деятельности. Это обстоятельство есть не что иное, как следствие действия законов природы. Мы живем во Вселенной, в которой на ее микроуровне изначально заложена фундаментальная неупорядоченность. Эта неупорядоченность и порождаемая ею неопределенность задаются законом природы, именуемым принципом неопределенности квантовой механики [8].

Мы воспринимаем окружающий нас материальный мир на макроскопическом уровне, поэтому нашему восприятию доступны в виде наблюдаемых законов природы некоторые следствия из принципа неопределенности. Одним из таких следствий является закон возрастания энтропии, представляющий собой обобщение классического второго начала термодинамики.

Понятие энтропии, введенное в классической термодинамике как мера достижения макросистемой своего предельно неупорядоченного состояния (термодинамического равновесия), привлекается современной наукой в качестве меры неупорядоченности любых систем и любых процессов, протекающих в природе, в обществе и в индивидуальном сознании человека.

Обратим внимание на два важных обстоятельства.

Первое состоит в том, что направление времени, в котором мы сохраняем память о прошлом, совпадает с направлением времени, в котором возрастает энтропия. Иными словами, наше субъективное ощущение направления течения времени, именуемое психологической стрелой времени, определяется термодинамической стрелой времени.

Второе заключается в том, что в основе современной теории информации лежит принцип исчисления количества информации с помощью той самой вероятностной функции энтропии, заимствованной из термодинамики и статистической физики и прочно закрепившейся в качестве меры неопределенности, а также меры уменьшения количества информации или ее априорного дефицита.

Тем не менее в рамках классической физики, как известно, имеется возможность придерживаться принципа детерминизма, который, собственно, и отображает действие *наблюдаемых* законов природы, в предположении, что сохраняющаяся при этом неопределенность обусловлена исключительно неполнотой и неточностью наших знаний, то есть той информации, которой мы располагаем к моменту принятия решения. Принимая детерминизм классической науки, мы отдаем себе отчет в том, что рассматриваем частный случай, за пределами применимости которого и лежит область неточности и неполноты.

Однако именно такие условия ситуации принятия решения, как правило, и возникают в реальной жизнедеятельности, когда дефицит информации комбинируется с дефицитом времени, отпущенного на принятие решения и его доведения до объекта управления.

Оптимизация управленческих решений и соотношение ...

Таким образом, ситуацию принятия решения в условиях неполной определенности, на наш взгляд, можно ассоциировать с принципом неопределенности квантовой механики [8].

В рамках такой аналогии можно констатировать, что априорная сложность познавательной задачи отражает неопределенность относительно искомого полного и точного описания (моделирования) структуры и поведения исследуемого объекта в определенной обстановке. Для снятия этой неопределенности необходим некоторый (нередко весьма продолжительный) промежуток времени. Дело в том, что генеральное множество альтернативных гипотез должно непременно содержать оптимальную (ключевую) гипотезу, которая нередко длительное время находится «за пределами досягаемости».

Очевидно, что смысл соотношения (3) состоит в том, что чем меньший промежуток времени затратит ЛПР на построение модели ситуации, тем больше будет ее остаточная неопределенность. Аналогия с одним из основных соотношений неопределенности Гейзенберга (энергия – время) [4, 5] представляется вполне уместной. Действительно, запишем это соотношение и обратим внимание на некоторую его особенность:

$$\Delta E \Delta T \approx \hbar, \quad (5)$$

где \hbar – постоянная Планка.

Существует, как известно, три подхода к интерпретации соотношения неопределенности (5). Мы сосредоточимся на том, который связывает промежуток времени измерения ΔT с точностью измерения энергии ΔE . Особенность соотношения (5) состоит в том, что оно не связано с операторным описанием физических величин в силу принципиального отсутствия оператора времени, поэтому представляется возможным его привлечение в случаях, когда неопределенность не обусловлена взаимодействием измерительного инструмента с квантовым объектом.

Действительно, в рассматриваемых оптимизационных задачах на экспериментальном уровне квантовой физики ищется компромисс между погрешностью (неточностью) измерения энергии и продолжительностью ее измерения. В рамках же задачи принятия решения ищется компромисс между неопределенностью (неточностью) модели ситуации и продолжительностью ее построения. Обратим при этом внимание на то, что одним из основных принципов системного анализа является положение, названное принципом неопределенности.

Практика применения системного анализа в управлении демонстрирует широкий круг оптимизационных задач, при решении которых принципиально невозможно одновременно улучшать две неоднородно связанные характеристики той или иной системы. В этих условиях на первый план выдвигается задача выбора критерия, адекватного реальной ситуации принятия решения и отражающего индивидуальное отношение ЛПР к риску.

Опыт [3, 7, 9] применения различных критериев выбора решений на стратегическом, тактическом и оперативном уровнях управления показывает чрезвычайную важность их использования именно по назначению – применительно к конкретным оптимизационным задачам с целью минимизации возможности принятия ошибочных (непригодных) решений.

Теория управления. Общие вопросы

Заключение

Приведенная аналогия, на наш взгляд, *не зависит от природы неопределенности* и может представлять интерес с точки зрения дальнейшего развития теории и методологии принятия решений в условиях риска и неопределенности.

Отметим, что выражение (3) целесообразно интерпретировать как *соотношение неопределенности информация – время*, подчеркивая тем самым его фундаментальный характер, обусловленный рассмотрением философской категории информации, имеющей столь же высокий уровень общности, что и категория энергии. При этом возможны и другие соотношения обсуждаемой неопределенности, в частности информация – ресурсы или энтропия – ресурсы.

Сегодня становится все более очевидным, что развитие информационно-коммуникационных технологий и их доступность приводят к побочному эффекту, состоящему в существенном возрастании неопределенности в информационной среде, в которой огромное множество индивидуальных пользователей генерирует сообщения, содержащие неточные, неполные и недостоверные сведения.

Исследование природы и последствий нарастания неопределенности такого рода представляет безусловный интерес и заслуживает серьезного внимания.

Авторы благодарят профессора Е.А. Палкина за полезное обсуждение

Литература

1. *Завгородний В.И.* Системное управление информационными рисками. Выбор механизмов защиты // Проблемы управления. 2009. № 1. С. 53–58.
2. *Клименко И.С., Шарпова Л.В.* Общая задача принятия решения и феномен неопределенности // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». 2019. № 3. С. 44–56.
3. *Лабскер А.Г.* Теория критериев оптимальности и экономические решения. М.: Кнорус, 2012. 744 с.
4. *Мандельштам Л.И., Тамм И.Е.* Соотношение неопределенности энергия – время в нерелятивистской квантовой механике // Изв. АН СССР (сер. физ.). 1945. Т. 9. С. 122–128.
5. *Суханов А.Д.* Новый подход к соотношению неопределенности энергия – время // Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2001. Т. 32, вып. 5. С. 1177–1220.
6. *Харкевич А.А.* О ценности информации // Проблемы кибернетики. Вып. 4. М.: Физматгиз, 1960.
7. *Floridi L.* The Philosophy of Information // Metaphilosophy. 2010. Vol. 41, no. 3. Pp. 420–442.
8. *Heisenberg W.* Uber Den Anschaulichen Inhaltder Quantenthe Oretischen Kinematik und Mechanik // Zeitschrift fur Physik. 1927. Vol. 43. Pp. 172–198.
9. *Savage L.J.* The Theory of Statistical Decision // Journal of the American Statistical Association. 1951. Vol. 46, no. 253. Pp. 55–67.
10. *Wald A.* Contribution of the Theory of Statistical Estimation and Testing Hypothesis // Annuals of Mathematical Statistics. 1939. Vol. 10. Pp. 299–326.

Literatura

1. *Zavgorodnij V.I.* Sistemnoe upravlenie informatsionnymi riskami. Vybor mekhanizmov zashchity // Problemy upravleniya. 2009. № 1. S. 53–58.

Принципы управления социальными и экономическими структурами ...

2. *Klimenko I.S., Sharapova L.V.* Obshchaya zadacha prinyatiya resheniya i fenomen neopredelennosti // Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya «Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie». 2019. № 3. S. 44–56.
3. *Labsker L.G.* Teoriya kriteriev optimal'nosti i ekonomicheskie resheniya. M.: Knorus, 2012. 744 s.
4. *Mandel'shtam L.I., Tamm I.E.* Sootnoshenie neopredelennosti energiya – vremya v neryativistskoj kvantovoj mekhanike // Izv. AN SSSR (ser. fiz.). 1945. T. 9. S. 122–128.
5. *Sukhanov A.D.* Novyj podkhod k sootnosheniyu neopredelennosti energiya – vremya // Fizika elementarnykh chastits i atomnogo yadra. 2001. T. 32, vyp. 5. S. 1177–1220.
6. *Kharkevich A.A.* O tsennosti informatsii // Problemy kibernetiki. Vyp. 4. M.: Fizmatgiz, 1960.
7. *Floridi L.* The Philosophy of Information // Metaphilosophy. 2010. Vol. 41, no. 3. Pp. 420–442.
8. *Heisenberg W.* Uber Den Anschaulichen Inhaltder Quantenthe Oretischen Kinematik und Mechanik // Zeitschrift fur Physik. 1927. Vol. 43. Pp. 172–198.
9. *Savage L.J.* The Theory of Statistical Decision // Journal of the American Statistical Association. 1951. Vol. 46, no. 253. Pp. 55–67.
10. *Wald A.* Contribution of the Theory of Statistical Estimation and Testing Hypothesis // Annals of Mathematical Statistics. 1939. Vol. 10. Pp. 299–326.

DOI: 10.25586/RNUV9187.21.01.P.043

УДК 338.1

В.А. Минаев, К.В. Канева

ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ СОЦИАЛЬНЫМИ И ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СТРУКТУРАМИ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИЧЕСКИХ РЕСТРИКЦИЙ

Рассматриваются теоретические и прикладные аспекты нового подхода к управлению социальными и экономическими структурами в условиях пандемических ограничений, а именно сетецентрическая модель управления. Описывается принцип самосинхронизации при сетецентрическом построении управления такими структурами. Вводится понятие «аттрактор». Обосновывается стратегия «заимствования» при применении механизмов диффузии инноваций в экономику и социальную жизнь регионов России. Предлагается полисетевая схема инновационного развития социально-экономической сферы, включающая образовательный сегмент, в том числе развитие электронных форм обучения. Показана важная роль математических моделей распространения информации в социальных сетях с учетом территориальных различий для эффективного управления социально-экономическими структурами в регионах России в условиях пандемии. Найдены динамические функциональные зависимости, позволяющие отделять одни поселения от других по степени восприимчивости населения к информационному воздействию социально-экономического характера в социальных сетях, что дает возможность целенаправленно строить и реализовывать как экономические, так и социальные программы, бизнес-политику в том или ином кластере.

Ключевые слова: социальные и экономические структуры, сетецентрическая модель управления, пандемия, информационные технологии, самосинхронизация, аттрактор, стратегия «заимствования», образовательный сегмент, кластер.