

СИСТЕМОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОСТИ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Анализируются особенности проблем принятия решений в условиях многокритериальности и интервальной целевой функции. Показывается, что многокритериальность является дополнительным источником неопределенности. Рассматриваются общие подходы к решению проблемы многокритериальной оптимизации в условиях интервальной неопределенности.

1. Введение

Процедура принятия решений является обязательным этапом любой целенаправленной деятельности. Именно поэтому проблема формализации этой процедуры, превращения ее из субъективного искусства в научно-обоснованную методологию уже долгие годы находится в поле зрения научной общественности. Интерес к проблеме особенно обострился в последние годы, что связано, с одной стороны, с непрерывно повышающимися требованиями к эффективности и оптимальности принимаемых решений, а с другой – с широкой компьютеризацией и информатизацией всех сфер интеллектуальной человеческой деятельности. В этих условиях уровень формализации процессов принятия решений в значительной степени определяют перспективы создания и развития «интеллектуальных» информационных систем, как инструментальной базы дальнейшей и более глубокой автоматизации интеллектуальной деятельности.

В общем случае процесс принятия решений можно структурировать на следующие этапы:

- формирование и анализ цели;
- выделение допустимого множества альтернативных путей ее достижения (решений);
- определение метрики, в которой производится оценивание эффективности альтернативных решений;
- оптимизация, т.е. выбор в рамках заданной метрики экстремального решения.

Все перечисленные этапы являются необходимыми, но, не умаляя важности любого из них, следует отметить особую концептуальную важность этапа оценивания, т.е. формирования критериев оценки эффективности решений.

На текущий момент основные успехи общей теории принятия решений связаны с концепцией скалярного критерия оценки эффективности. На этой концепции полностью базируется теория математического программирования, изучающая методы и инструментальные средства решения задач безусловной и условной оптимизации, теория игр, методы принятия решений в условиях риска и неопределенности.

Вместе с этим, как показано В.М. Глушковым [1], необходимыми условиями эффективности решений являются требования своевременности, полноты (комплексности) и оптимальности. Комплексность решения предполагает, что при его принятии необходимо как можно более полно учитывать различные аспекты последствий принятого решения, характер взаимосвязей внутри системы и с внешней средой. Первое порождает необходимость учета набора частных критериев эффективности, каждый из которых характеризует «частное» качество, а их совокупность достаточно полно характеризует качество решения в целом. Второе приводит за счет НЕ-факторов [2], таких как НЕполнота знаний, НЕточности формального описания модели, НЕвозможности количественного измерения или НЕточности измерений и т.д. к большей или меньшей, в зависимости от конкретной ситуации, неопределенности исходной информации.

Таким образом, усилия должны быть направлены на развитие теории принятия решений в условиях многокритериальности и неопределенности, с учетом того, что эти проблемы

взаимосвязаны, так как многокритериальность порождает неопределенность, а неопределенность – многокритериальность решения.

2. Основная часть

Постановка задачи многокритериальной оптимизации в условиях неопределенности.

Будем полагать, что задано множество допустимых решений X . Каждое решение $x_i \in X$, $i = \overline{1, n}$ характеризуется кортежем разнородных частных критериев $K = \langle k_j(x_i) \rangle$, $j = \overline{1, m}$. Это означает, что функциональная зависимость $k_j(x) = f_j(x)$ предполагается известной. Тогда оптимальным будет решение

$$x^0 = \arg \operatorname{extr}_{x \in X} \langle k_j(x) \rangle, \quad \forall j = \overline{1, m}. \quad (1)$$

В общем случае, т.е. если множество X содержит противоречивые решения (область компромиссов), задача (1) является некорректной по Адамару [3]. Это означает, что решения, для которого все частные критерии одновременно достигают экстремальных значений на множестве X не существует.

Общий подход к решению некорректных задач заключается в их регуляризации [4], т.е. трансформации их в условно корректные, путем учета некоторой дополнительной, зачастую эвристической информации. Эта процедура является проблемно-ориентированной, т.е. зависит от семантики формального описания задачи. Общий подход к регуляризации задачи многокритериальной оптимизации заключается в ее скаляризации, т.е. трансформации в задачу скалярной оптимизации или иерархическую последовательность таких задач. Широко известны такие методы скаляризации как принцип главного критерия, функционально-стоимостный анализ, последовательная оптимизация, анализ иерархий, теория полезности [5]. Реализация всех перечисленных методов связана с использованием дополнительной эвристической субъективной информации, носителем которой является человек – лицо, принимающее решение (ЛПР), эксперт и т.д.

Особое место среди перечисленных методов регуляризации занимает теория полезности [6], основой которой является гипотеза о существовании на ограниченном множестве альтернатив X относительной обобщенной количественной оценки их «качества» – полезности $P(x)$. Отсюда следует, что если заданы альтернативные решения $x_1, x_2 \in X$, и x_1 предпочтительней x_2 , то из этого следует

$$x_1 \succ x_2 \Leftrightarrow P(x_1) > P(x_2). \quad (2)$$

Таким образом, полезность $P(x)$ является скалярной количественной оценкой, учитывающей все разнородные частные критерии $k_i(x)$, $i = \overline{1, n}$

$$P(x) = F[\lambda, k_i(x)]. \quad (3)$$

где λ – кортеж коэффициентов, приводящих разнородные частные критерии к изоморфному виду.

Функцию полезности (3) можно привести к виду [7]

$$P(x) = F[A, k_i^H(x)], \quad (4)$$

здесь $k_i^H(x)$ – нормализованные, т.е. приведенные к безразмерному виду, с ограниченным интервалом возможных значений $[0, 1]$ и одинаковым направлением доминирования частных критериев; $A = \langle a_i \rangle$, $i = \overline{1, n}$ – кортеж безразмерных весовых коэффициентов, для которых выполняется условие

$$0 \leq a_i \leq 1, \quad \forall i = \overline{1, n}, \quad \sum_{i=1}^n a_i = 1. \quad (5)$$

Нормализация частных критериев проводится по формуле

$$k_i^H(x) = \frac{k_i(x) - k_i^{HX}(x)}{k_i^{HL}(x) - k_i^{HX}(x)}, \quad (6)$$

где $k_i^{HL}(x)$, $k_i^{HX}(x)$ – соответственно наилучшее и наихудшее значение частных критериев на данном множестве альтернатив X .

Согласно теореме [8] и последующему ее обобщению Д. Габором [9] любую функцию многих переменных можно представить в виде полинома Колмогора-Габора вида

$$P(x) = \sum a_i k_i(x) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} k_i(x) k_j(x) + \dots \quad (7)$$

С учетом сказанного, задача многокритериальной оптимизации (1) трансформируется в корректную задачу скалярной оптимизации вида

$$x^0 = \arg \operatorname{extr}_{x \in X} P(x) \quad (8)$$

Для конструктивного решения этой задачи необходимо синтезировать модель вычисления полезности, т.е. идентифицировать структуру и параметры полинома (7). Особенность заключается в том, что принятие решений является субъективной интеллектуальной процедурой. Это означает, что единственным источником информации, необходимой для идентификации модели (7), является ЛПР. Для получения этой информации в настоящее время широко используется интроспективный подход, который заключается в том, что носитель информации побуждается к осознанию, структуризации, количественному оцениванию своих знаний и сообщению результатов внешнему наблюдателю – когнитологу. Такая процедура известна как методология экспертного оценивания.

Недостаток методологии экспертного оценивания заключается в том, что в силу особенностей процесса мышления, заключающихся в том, что человек в каждый момент времени может обрабатывать ограниченный объем информации, сложные процессы приходится структурировать на иерархически упорядоченных последовательностях задач экспертного оценивания. При этом на каждом этапе оценивания, особенно если необходимы количественные оценки, возникает интервальная погрешность, которая накапливается вплоть до потери адекватности модели и воспроизводимости результатов.

Вместе с этим известно, что специалисты достаточно уверенно и воспроизводимо решают задачу качественного ранжирования множества допустимых альтернатив, указывая лучшую из них или устанавливая отношение строгого или нестрогого порядка в терминах «лучше», «хуже», «одинаково».

Это открывает перспективы развития альтернативного экспертному оцениванию метода идентификации модели функции полезности, основанного на идеях компараторной идентификации [7].

Метод заключается в том, что ЛПР анализирует множество допустимых альтернативных решений X и указывает лучшее решение $x^1 \in X$. Это означает, что для него $x^1 \succ x_i$, $\forall i = 1, n-1$, где n – мощность множества допустимых решений. Тогда согласно теории полезности (2), можно записать систему неравенств вида

$$P(x_i) - P(x^1) \leq 0, \quad \forall i = 1, n-1. \quad (9)$$

Анализ системы неравенств (9) позволит решить задачу структурно-параметрической идентификации функции полезности в рамках полинома (7). Трудность заключается в том, что система неравенств (9) определяет не единственное, а область возможных решений. Для определения единственного решения вводятся различные регуляризирующие правила: чебышевской точки, среднего решения и другие [7,10,11].

Независимо от метода идентификации функции полезности $P(x)$ ее параметры содержат интервальную неопределенность. Источником такой неопределенности является разброс субъективных мнений экспертов при экспертном оценивании или мощность множества возможных решений при компараторной идентификации.

Другими источниками неопределенности модели принятых решений (8) являются НЕ-факторы [2] перечисленные выше. В результате модель принятия решений принимает вид

$$x^0 = \arg \max_{x \in X} F[\bar{A}, \bar{k}_i(x)], \quad (10)$$

где знаком «-» обозначены величины, содержащие интервальную неопределенность.

Под интервальной неопределенностью в дальнейшем будем понимать скалярные величины, для которых на числовой оси заданы левая и правая границы, определяющие интервал возможных значений и некоторая информация о предпочтительности значений внутри интервала.

Если границы интервала совпадают или он пренебрежимо мал, то величина считается детерминированной. В зависимости от вида и формы представления информации о предпочтительности значений внутри интервала можно выделить вероятностную, нечеткую и интервальную неопределенность. Вероятностная неопределенность задается в общем случае функцией плотности распределения вероятности и статистическими параметрами: дисперсией, математическим ожиданием и т.д. Достоверное определение этих характеристик требует очень большого (в пределе бесконечного) объема статистически однородных наблюдений. Практически всегда оперируют с ограниченным объемом наблюдений, на котором можно получить только оценки статистических характеристик, содержащие большую или меньшую, в зависимости от объема статистической выборки, интервальную неопределенность.

Иногда указанную неопределенность ЛПП или эксперты могут устранить с помощью своих знаний, опыта решения и анализа подобных задач и т.д. Например, принимаются допущения о нормальном законе распределения случайной величины, о значении математического ожидания и т.д. В этом случае целесообразно говорить об эвристической стохастической неопределенности, в отличие от объективной.

Другим видом неопределенности является нечеткость, представляющая собой субъективную эвристическую формализацию на основе теории нечетких множеств вербальных высказываний типа «приблизительно», «около», «большое значение» и т.д. Формализация заключается в задании ЛПП или экспертами границ множества возможных значений переменной и функции принадлежности, характеризующей степень принадлежности нечеткому множеству.

Наконец, если информация о предпочтительности значений внутри интервала полностью отсутствует, будем называть такую неопределенность интервальной.

Для многокритериальных ситуаций эффективность характеризуется скалярной многофакторной оценкой полезности $P(x)$ решения. По определению функция интервальных переменных является интервальной величиной. Это означает, что функция полезности для каждого решения $x_i \in X$, $\forall i = \overline{1, n}$ является интервальной. При этом, в зависимости от формы задания неопределенных параметров, характеризующих внешнюю независимую среду, возможны две формы представления эффективности решения.

Если множество возможных состояний внешней среды S задано неявно с помощью интервальных ограничений, то результаты анализа эффективности допустимых решений представляют обычно в экстенсивной форме. Это означает, что для каждого решения $x_i \in X$ определяется интервальное значение эффективности и на нем задается некоторая функция предпочтительности возможных значений. Например, для случая стохастической неопределенности внешней среды вычисляется функция плотности распределения значений полезности для каждого допустимого решения.

Если множество состояний S задано в явном виде (перечислением), то результаты анализа эффективности решений представляются в нормальной форме. В этом случае для каждого фиксированного состояния внешней среды определяются оценки эффективности каждого из допустимых решений и предпочтительности его реализации. Для случая стохастической неопределенности внешней среды S это позволяет определить функции распределения вероятностей для допустимого множества решений при фиксированном состоянии внешней среды S_j .

Таким образом, в первом случае каждое решение $x_i \in X$, $i = \overline{1, n}$, характеризуется набором пар $\langle p(x_i, s_j), f(x_i, s_j) \rangle$, $j = \overline{1, m}$, где первый элемент – условная вероятность реализации S_j состояния внешней среды для решения x_i , а во втором – каждое состояние S_j характеризуется набором кортежей $\langle p(s_j), f(x_i) \rangle$.

Если множества решений X и состояний внешней среды S счетные, указанные выше оценки представляются в виде матрицы платежей. Вычисления элементов матриц производятся или аналитически с помощью арифметики определенной для всех трех перечисленных видов неопределенности, или численным моделированием методом Монте-Карло.

Выбор эффективного решения для экстенсивной формы представления исходной информации связан с решением задачи сравнения интервальных величин (эта задача не тривиальна, если интервалы пересекаются)[12]. Для нормальной формы задача выбора эффективного решения сводится к выбору экстремального компромиссного решения по двум противоположным критериям: эффективности и вероятности реализации конкретного состояния внешней среды, т.е. к двухкритериальной оптимизационной задаче.

Для решения такой оптимизационной задачи введем понятие риска.

Пусть на основании анализа матрицы платежей выбрано конкретное решение, эффективность которого равна $p(x_k, s_k)$, где индексом «к» обозначены конкретные решения $x_i \in X$, и состояние внешней среды $s_k \in S$. В силу неопределенности внешняя среда может реализовать любое возможное состояние, отличающееся от s_k , как неблагоприятное, что приведет к потере эффективности (уменьшению прибыли, увеличению затрат ресурсов, времени и т.д.) по сравнению с расчетным значением, так и благоприятное, при котором, если бы было выбрано соответствующее решение, можно было получить дополнительный эффект. Таким образом, при принятии решений в условиях неопределенности существует риск потери эффекта, будем называть его негативным риском и обозначим R_1 , и риск упустить возможный эффект (негативный риск R_2). Очевидно, что указанные риски имеют для ЛПП различную «ценность». В первом случае это прямые экономические потери, вплоть до катастрофических, а во втором – сожаления по поводу упущенной возможности получить дополнительный эффект.

Таким образом, любое решение, принимаемое в условиях неопределенности, характеризуется тремя противоречивыми показателями (частными критериями): эффективностью $p(x)$, негативным R_1 и позитивным R_2 рисками. Это означает, что задача принятия решения в условиях неопределенности является типичной задачей многокритериальной оптимизации вида (1) и ее решение основывается на общей методологии, рассмотренной выше в данной статье.

В частности, как и в общем случае, возникает проблема скаляризации оценки качества решения. Для этого могут быть использованы традиционные методы: главного критерия, последовательной оптимизации, функционально-стоимостного анализа, обобщенной многофакторной оценки. Все известные в настоящее время критерии принятия решений в условиях неопределенности могут быть интерпретированы в рамках перечисленных методов. Для примера укажем, что на принципе главного критерия базируются критерий максимального математического ожидания эффективности, минимальной дисперсии, критерий минимума среднего риска Вальда. Типичным критерием, основанным на обобщенной оценке, является критерий Гурвица и т.д.

3. Выводы

Проведен системологический анализ проблемы принятия решений в условиях многокритериальности и неопределенности. Показано, что задачи многокритериальной оптимизации порождают неопределенность. Рассмотрены источники неопределенности, классификация видов интервальной неопределенности.

Сформулирована общая постановка задачи многокритериальной оптимизации в условиях неопределенности. Проведен анализ и показано, что неопределенность приводит к многокритериальности и для решения задач принятия решений в условиях неопределенности необходимо применять методологию многокритериальной оптимизации.

Список литературы: 1. Глушков В.М. Введение в АСУ. Киев: Техника, 1974. 320 с. 2. Нариньяни А.С. Нефакторы: неоднозначность (доформальное исследование) // Новости искусственного интеллекта. 2003. №5. С.58-69. 3. Математический энциклопедический словарь / Под ред. Ю.В.Прохорова. М.: Сов. энциклопедия, 1988. 848 с. 4. Тихонов А.И., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1986. 288 с. 5. Петров Е.Г., Новожилова М.В., Гребенник Г.В. Методи і засоби прийняття рішень у соціально-економічних системах. К.: Техніка, 2004. 256 с. 6. Нейман Дж, Моргенштейн О. Теория игр и экономическое поведение. М.: Наука, 1970. 124 с. 7. Овезгельдыев А.О., Петров Э.Г., Петров К.Э. Синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации / Под общей редакцией Э.Г.Петрова К.: Наук. думка, 2002. 64с. 8. Колмогоров А.Н. О представлении непрерывных функций

нескольких переменных в виде суперпозиций непрерывных функций одного переменного и сложения // Докл. АН СССР. 1957. Т. 114, № 5. С. 953 – 956. **9.** Ивахненко А.Г. Метод группового учета аргументов – конкурент метода стохастической аппроксимации. Автоматика. 1968. №3. С. 57-73. **10.** Овезгельдыев А.О., Петров К.Э. Компараторная идентификация параметров линейных моделей многофакторного оценивания // Радиоэлектроника и информатика. 1998. №2. С. 41-43. **11.** Петров К.Э. Структурно-параметрическая идентификация модели многофакторного оценивания с применением аппарата искусственных нейронных сетей // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. 2007. №1(8). С. 35-42. **12.** Овезгельдыев А.О., Петров К.Э. Оценка ранжирования альтернатив в условиях интервальной неопределенности // Кибернетика и системный анализ. 2005. №4. С. 148-153.

Поступила в редколлегию 12.12.2008

Лысенко Эдуард Викторович, д-р техн. наук, профессор каф. системотехники ХНУРЭ. Научные интересы: теория принятия решений, новые информационные технологии. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. (8057)702-04-29, e-mail: ST@kture.kharkov.ua.

Пономаренко Владимир Петрович, председатель правления ОАО «Объединение Стеклопластик», г. Северодонецк, асп. каф. системотехники ХНУРЭ. Научные интересы: системы управления и принятия решений, теория принятия решений. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. (8057)702-04-29, e-mail: ST@kture.kharkov.ua.

Писклакова Валентина Петровна, канд. техн. наук, доцент каф. системотехники ХНУРЭ. Научные интересы: математическое моделирование, теория принятия решений. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. (8057)702-04-29, e-mail: ST@kture.kharkov.ua.

УДК 004.89

М.Ю. ВИШНЯК, С.С. ДОВГАНЬ

РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИЙ АСУ: УПРАВЛЕНИЕ ЗНАНИЯМИ

Управление знаниями становится необходимой функцией АСУ современного предприятия. Постоянно возрастающее влияние человеческого фактора на положение предприятия на рынке делает знание важнейшим ресурсом. Знание рассматривается как состояние системы самоуправления человека. Формулируется и формализуется критерий степени освоения знания. Предлагается не ограничиваться технологическими процедурами управления знаниями, а рассматривать весь цикл менеджмента. Описания знаний являются важной составляющей управления знаниями. Для повышения эффективности оперирования с описаниями их следует структурировать.

1. Введение

Последние 20-30 лет происходят кардинальные изменения в мировой экономической среде. Рождается и так называемая «новая экономика», экономика знаний, которая характеризуется следующими признаками [1–4]:

– интенсивное и часто непредсказуемое изменение рыночного спроса: компании должны научиться адаптироваться к происходящему и уметь быстро обучаться;

– усиливающаяся угроза потери конкурентоспособности, как следствие всевозрастающей скорости изменений, вызывает необходимость постоянного обновления продукции, что требует высокого уровня инноваций, который может быть обеспечен только при наиболее полном использовании знаний;

– глобализация и территориальное удаление подразделений предприятий требует использования информационных технологий для эффективного взаимодействия при совместной работе.

Теперь умение получить знания и эффективно ими распорядиться в значительной степени определяет результативность предприятия.

Способность эффективно использовать и развивать знания, воплощать их в новые технологии, изделия и услуги превращается в важнейший фактор выживания в условиях новой экономической среды. Возрастающий экономический вес знаний и их ведущая роль для развития компании увеличивают их значимость. Еще философ Ф. Бэкон (1561 – 1626)