

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОГЛАСОВАННОСТИ ЦЕЛЕЙ В ИЕРАРХИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Н.Н. Маляр

Аннотация: В работе рассмотрен подход к моделированию многокритериальных задач принятия решений с иерархической структурой. Приводится способ согласования целей при помощи модели задачи многокритериального выбора с целевой точкой, координаты которой являются удовлетворяющими значениями оценок по критериям.

Ключевые слова: иерархические структуры, многокритериальный рациональный выбор, точка удовлетворения, функция принадлежности, нечеткое множество.

ACM Classification Keywords: H.4.2 Information Systems Applications: Types of Systems: Decision Support.

Введение

Как показывает анализ технической литературы, сложным объектом обычно считается субстанция (система), которая удовлетворяет трем основным системным концепциям:

1. Структурность - система определяется как целостность взаимосвязанных элементов; отношения между элементами придают системе дополнительное качество, получившее название эмерджентность (эффект целостности, интегральный эффект);
2. Иерархичность - система любой сложности обязательно входит в систему более высокого уровня, а каждый из ее элементов может рассматриваться, в свою очередь, в качестве системы (подсистемы);
3. Функциональность - система характеризуется параметрами входа - выхода и параметрами состояния.

Иерархия – это определенная структура, основанная на предложении, что ее элементы могут группироваться в несвязные множества. Эта совокупность подмножеств должна обладать тем свойством, что пересечение подмножеств является пустым множеством, а их объединение дает исходное множество. При рассмотрении проблем функционирования или развития сложных объектов часто удается представить их связи между системно организующими факторами в виде многоуровневых иерархических структур. Значительные трудности в управлении сложной системой возникают в связи с многоуровневым иерархическим характером объектов (подсистем) и критериев их оптимизации. В основном это происходит из-за слабой разработанности методов принятия решений в многоуровневых иерархических системах в условиях неопределенности. При изучении сложных кибернетических систем исследователь сталкиваемся с иерархией процессов принятия решений.

Проблема принятия решений является одной из основных в современной теории и практике управления. Известный американский специалист по управлению Герберт Саймон назвал принятие решений «сутью управленческой деятельности». Иерархия является распространенным типом структуры системных объектов. Особенно характерна она для систем управления социально-экономическими процессами. Везде, где приходится сталкиваться с иерархией, обнаруживается одна важная особенность: целостность оказывается "разложимой" на элементы, каждый из которых, в свою очередь, ведет себя как целостность. Возникновение иерархической структуры было обусловлено всевозрастающей сложностью технологии

управляемых объектов, создающей большие трудности для централизованного управления. Поэтому появилась необходимость разделения всего процесса принятия решений на такое число уровней, чтобы решение задачи оптимизации на каждом из них было относительно не сложным. Но с возникновением многоуровневых иерархических систем управления появилась и новая задача согласования и координации решений, принимаемых на всех уровнях управления. В системах управления нередко соседствует сразу несколько иерархических структур, между которыми возникает сложное взаимодействие. Примером может служить экономическая система народного хозяйства, где предприятия, с одной стороны, расчленены и управляются по отраслевому принципу, а с другой – образуют иерархию региональных систем. В результате возникает сложная проблема связи отраслевого и территориального управления, актуальность которой в настоящее время имеет тенденцию к возрастанию.

Принципы иерархичности

На сегодняшний день существует большое количество проблемных ситуаций в сложно структурированных областях знаний. Поэтому представление их в виде иерархичных структур является наиболее удобным. В качестве модели используется дерево целей, в котором общие цели разделяются на цели частного характера. Любая цель непосредственно описывается критерием, по которому и/или проверяется ее реализуемость (достижимость).

Иерархия рассматриваемой проблемной ситуации строится методом структурной декомпозиции, то есть формирование структуры осуществляется «сверху вниз», и должна соответствовать общеизвестным принципам построения иерархических структур [Михалевич, 1982; Моисеев, 1981]:

1. Определяется «глобальная» цель управления (функционирования, развития) рассматриваемой проблемной ситуации, которая располагается на верхнем уровне иерархии, называется «центром» и имеет порядковый номер 0.
2. Путем структурной декомпозиции ситуации определяются подцели глобальной цели, а также критерии реализации глобальной цели и подцелей нижестоящего уровня таким образом, что они должны раскрывать смысл критериев вышестоящего уровня.
3. Между критериями, находящимися на одном уровне иерархии, должна отсутствовать взаимозависимость.
4. Критерии данного уровня непосредственно зависят только от критериев соседнего нижестоящего уровня иерархии.
5. Полнота раскрытия критерия. Смысл критерия является раскрытым, если на следующем нижестоящем уровне иерархии все влияющее на него критерии известны (существуют).

В теории многоуровневых систем двухуровневая система принятия решений представляет специфический интерес. Во-первых, это простейший тип систем, в котором проявляются все наиболее существенные характеристики многоуровневой системы. Во-вторых, более сложные многоуровневые системы могут быть построены из двухуровневых подсистем, как из блоков.

Постановка задачи

Рассмотрим двухуровневую иерархическую структуру принятия решений. Пусть некий субъект, впрямь именуемый центром, стремится достичь определенных целей, реализация которых описывается множеством критериев $K^0 = \{K_1^0, K_2^0, \dots, K_m^0\}$. Центр воздействует на отдельные звенья P_1, P_2, \dots, P_s , которые назовем агентами. Они обладают собственными целями, реализация которых описывается множествами $K^l = \{K_1^l, K_2^l, \dots, K_{m_l}^l\}, l = \overline{1, s}$. Задано дискретное множество альтернативных

вариантов $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, над которым центром и агентами необходимо осуществить задачу выбора. Примером такой задачи может служить выбор производственной программы для фирмы - производителя. В данном случае центром является дирекция фирмы, а агентами – производственный отдел, отдел сбыта, финансовый отдел, отдел кадров.

Принятие решения центром требует дополнительных информационных затрат для согласования своих целей с целями агентов. Предлагается подход, который позволяет увязывать выбор агентов с выбором центра. Предположим, что центру и каждому агенту известны множество альтернатив и критерии, которые реализуют их цели и служат для оценки полезности множества альтернатив. Таким образом, центром и каждым агентом решается задача многокритериального выбора.

В общем случае задачу многокритериального иерархичного выбора можно сформулировать в следующем виде. Заданы множество альтернатив решения некоторой проблемы $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ и множество критериев $K = \{k_1, k_2, \dots, k_m\}$ для оценки полезности альтернатив. Необходимо ранжировать альтернативы относительно интегрированной функции полезности.

Предположим, что каждой альтернативе a_j определены оценки x_{ij} по всему множеству критериев K .

То есть x_{ij} - оценка j -й альтернативы по i -му критерию. Оценки могут задаваться в количественной (например, в привычной шкале оценок в системе образования) или в качественной форме (например, лингвистическими переменными). Результаты оценивания представляются в виде матрицы решений.

Модель принятия решений такого вида - это модель задачи выбора на языке матриц решений оценок альтернатив $X = (x_{ij}), i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$.

Далее для каждого вектора оценок $\bar{x}_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})$ вычисляется, в зависимости от используемой модели многокритериального выбора решения, функция полезности U_j . Наилучшей объявляется та альтернатива, для которой функция полезности имеет максимальное значение – в случае, например, максимизации прибыли, или минимальное значение, например, при минимизации убытков. При вычислении значений полезности могут приниматься во внимание веса критериев w_j .

Процедура многокритериального выбора

Как показывает практика, поведению людей отвечают как оптимизационные шаги, так и шаги получения удовлетворяющих результатов [Саймон, 1999].

Не ограничивая общности, предположим, что все альтернативы множества $A = \{a_1, \dots, a_n\}$ принадлежат множеству Парето и критерии эффективности измеряются в разных единицах измерения, а наилучшей считается альтернатива, для которой оценки достигают своего максимального или минимального значения. Пусть, без ограничения общности, все оценки – положительные числа,

Введем в рассмотрение фиктивную альтернативу T , которую назовем “точкой удовлетворения” или “точкой ограниченной рациональности” [Маляр, 2005]. Координаты этой точки представляют собой оценки по соответствующим критериям, значениями которых лицо, принимающее решение, может быть удовлетворенным.

Понятие удовлетворенности является нечетким понятием и для его описания применяется теория нечетких множеств. В современной практике различают два типа нечетких множеств [Батыршин, 2007]:

1. Нечеткие множества, которые определены на некоторой числовой шкале. Например, на интервале действительных чисел. В таких случаях нечеткие множества - это нечеткие величины. Примерами нечетких величин являются нечеткие числа и нечеткие интервалы.
2. Нечеткие множества определены на нечисловом множестве. Например, на множестве целей и альтернатив, экспертных оценок, бинарных отношений между объектами. Нечеткие множества такого типа - это множества нечетких объектов, которые записываются в виде $B = \{x, \mu(x)\}$, где x – множество объектов, $\mu(x)$ - функция принадлежности объекта множеству.

На самом деле функция принадлежности определяет порядок элементов. Для более сложных категорий, которые определяются на декартовом произведении линейных шкал, функция принадлежности может быть получена за счет свертывания информации простых категорий.

Проблемой оценки удовлетворенности является то, что сама удовлетворенность представляет собой нечеткое, размытое понятие, на значение которого сильное влияние оказывают суждения, восприятие и эмоции человека. В связи с этим предлагается использовать при измерении удовлетворенности лингвистические переменные, т.е. такие переменные, значениями которых являются не числа, а слова или предложения на естественном или формальном языке [Кофман, 1982].

Для значений лингвистических переменных, представляющих собой нечеткое подмножество, строится функция принадлежности, т.е. такая функция, которая каждому элементу из универсального множества всех возможных оценок ставит в соответствие число из интервала от 0 до 1, которое характеризует степень принадлежности данного элемента рассматриваемому нечеткому подмножеству.

Далее, каждый агент обязан задать свою «точку удовлетворения» и описать нечеткое множество относительно этой точки.

Построим матрицу нечетких оценок $Y = (y_{ij})$, используя: матрицу решений $X = (x_{ij})$, точку «удовлетворения» $T = (t_1, \dots, t_m)$ и значения лингвистической переменной «альтернатива». Например, опишем нечеткие множества альтернатив «близких», «худших» и «лучших» по отношению к «точке удовлетворения».

Нечеткое множество $B_1 = \{\text{альтернативы, близкие относительно точки «удовлетворения»}\}$:

$$y_{ij} = 1 - \frac{|t_i - x_{ij}|}{\max\{t_i - \min_j x_{ij}; \max_j x_{ij} - t_i\}}; \quad i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}.$$

Нечеткое множество $B_2 = \{\text{альтернативы, лучшие относительно точки «удовлетворения»}\}$:

$$y_{ij} = \begin{cases} \frac{|t_i - x_{ij}|}{\max_j x_{ij} - t_i}, & x_{ij} \geq t_i; \\ 0, & x_{ij} \leq t_i. \end{cases} \quad i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}.$$

Нечеткое множество $B_3 = \{\text{альтернативы, худшие относительно точки «удовлетворения»}\}$:

$$y_{ij} = \begin{cases} \frac{|t_i - x_{ij}|}{t_i - \min_j x_{ij}}, & x_{ij} \leq t_i; \\ 0, & x_{ij} \geq t_i. \end{cases} \quad i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}.$$

Следующим шагом будет построение функции полезности U_j , как свертки столбцов матрицы Y с

весовыми коэффициентами критериев. Результатом работы этой процедуры будет профиль $U = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$, заданный функцией принадлежности данному нечеткому множеству. Таким образом, каждый агент задает свой профиль ранжирования альтернатив.

Схема решения задачи согласования целей

Опишем схему согласованности целей между центром и агентами. Сначала решается задача многокритериального выбора для каждого агента. Затем решается задача многокритериального выбора центром. На первом этапе для центра построим матрицу нечетких оценок $Y = (y_{ij})$, используя: матрицу решений $X = (x_{ij})$, точку "удовлетворения" $T = (t_1, \dots, t_n)$ и значения лингвистической переменной «альтернатива». Далее добавим в данную матрицу Y s строк, которые соответствуют профилям каждого агента, и построим профиль предпочтений главной цели центра. Профиль предпочтений центра может быть построен разными способами. Например, в виде свертки (описанной выше), композиционного правила [Маляр, 2010], критериев коллективного ранжирования и т. п.

Выводы

Данный подход позволяет представить согласованность целей в иерархических структурах при помощи модели задачи выбора в терминах размытых множеств. На каждом уровне иерархии центр и агенты строят свое размытое множество, которое зависит от множества критериев эффективности, точки «удовлетворения», его определения и способа построения функции принадлежности.

Благодарности

Работа опубликована при финансовой поддержке проекта ITHEA XXI Института информационных теорий и приложений FOI ITHEA Болгария www.ithea.org и Ассоциации создателей и пользователей интеллектуальных систем ADUIS Украина www.aduis.com.ua.

Библиография

- [Батыршин, 2007] Нечеткие гибридные системы: Теория и практика / Батыршин И.З., Недосекин А.О., Стецко А.А. и др. ; под ред. Ярушкиной Н.Г. – М.: Физматлит, 2007. – 208 с.
- [Кофман, 1982] Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. – М.: Радио и связь, 1982. - 432 с.
- [Маляр, 2005] Маляр М.М. Описання задач вибору на мові розмитих множин/ Маляр М.М. // Вісник Київського університету. Вип.4. Серія фіз.-мат. Науки, Київ, 2005. – С. 197-201.
- [Маляр, 2010] Маляр Н.Н. Нечеткая модель удовлетворительного решения задачи выбора / Н.Н. Маляр // Information Models of Knowledge. – ITHEA – Kiev, Ukraine – Sofia, Bulgaria, 2010. – С.220-225.
- [Михалевич, 1982] Михалевич В.С., Волкович В.Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. -286 с.
- [Моисеев, 1981] Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа.– М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. – 488 с.
- [Саймон, 1999] Герберт А. Саймон. Теория принятия решений в экономической теории и науке о поведении // Вехи экономической мысли. Теория потребительского поведения и спроса. Т.1./ Под ред. В.М. Гальперина. СПб.: Экономическая школа, 1999г.
-

Сведения об авторе

Маляр Николай Николаевич - декан математического факультета, заведующий кафедрой кибернетики и прикладной математики Ужгородского национального университета, кандидат технических наук, доцент, Украина, Ужгород, ул. Подгорная, 46; e-mail: malvayarmm@gmail.com