

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ В СОЦИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 519.21.681

СТЕНИН Александр Африканович

Доктор технических наук, профессор, Кафедра технической кибернетики
Национальный технический университет Украины «Київський політехнічний інститут»
пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056
E-mail: alexander.stenin@yandex.ru

ТКАЧ Михайло Мартинович

Кандидат технических наук, профессор кафедры технической кибернетики, Кафедра технической кибернетики
Национальный технический университет Украины «Київський політехнічний інститут»
пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056
E-mail: mm.tkach77@mail.com

ПАСЬКО Віктор Петрович

Кандидат технических наук, Кафедра технической кибернетики
Национальный технический университет Украины «Київський політехнічний інститут»
пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056
E-mail: vppasko@ukr.net

ГУБСЬКИЙ Андрій Миколайович

Аспирант, Кафедра технической кибернетики
Национальный технический университет Украины «Київський політехнічний інститут»
пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056
E-mail: andrew.gubskiy@gmail.com

ВВЕДЕНИЕ

Одной из главных задач инновационного развития социотехнических систем (СТС) является повышение эффективности инновационных решений [1,2]. Инновационное решение – это творческий акт, направленный на устранение возникших проблем при управлении СТС. При этом будем выделять общие и частные инновационные решения [1,2]. Общие инновационные решения охватывают всю СТС, её производственную и финансово-хозяйственную деятельность, а также её

дальнейшее инновационное развитие. Частные инновационные решения касаются каких-либо подсистем и затрагивают текущие вопросы, носящие оперативный характер. Общие инновационные решения касаются и выработки управляющих воздействий на окружающую среду (рынки сбыта, ценовая политика и т.д.). Другими словами, система поддержки принятия решений (СППР) должна обеспечить возможность принятия эффективных стратегических, тактических и оперативных решений.



При разработке методов принятия инновационных решений необходимо различать уровень их сложности. Наиболее сложным является стратегический инновационный уровень. На этом уровне решаются наиболее сложные стратегические проблемы. Со стороны менеджера-разработчика требуется абсолютно новый подход. Это может быть поиск решения проблемы, которую ранее плохо поняли или для решения которой требуются новые представления и методы. Ключевым задачами стратегического инновационного уровня являются: системное развитие и стратегическое планирование производственной и финансово-хозяйственной деятельности СТС[3,4].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Одним из основных вопросов при разработке СППР является реализация либо процесса опроса экспертов и дальнейшая автоматизированная обработка их мнений СППР, либо, используя производственные правила, искать потенциально лучшее решение самой СППР. Как в первом, так и во втором случае эффективность принятия инновационных решений во многом определяется конструктивным содержанием экспертных запросов (вопросов). От того, как составлена (сформирована) экспертная анкета зависит качество инновационных решений. Несмотря на широкое использование метода анкетирования, научные основы анкетирования в настоящее время разработаны еще недостаточно для их практического использования [5]. Ниже предлагается метод, в котором анкета, предназначенная для получения экспертных оценок, характеризующих ответы эксперта (либо самой СППР) на поставленные в ней вопросы, рассматривается как лингвистическая модель СТС и

строится в виде блочной структуры с общесистемных позиций.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Предлагаемый в данной статье метод «ПРОБА» (ПРОцедуры ОБработки Альтернатив) характерен тем, что на его основе осуществляется автоматизированное критериальное оценивание альтернатив, причем по каждому критерию оценивается сразу все множество альтернатив. Кроме того данный метод предусматривает то, что экспертом задаются оценки как на лингвистической шкале оценок, так и на количественной шкале с использованием функций принадлежности [7,8].

К основным процедурам метода относятся:

1. Построение системы гипотез-оснований и гипотез-следствий.
2. Формирование количественных и лингвистических шкал критериев оценок альтернатив.
3. Составление структуры и заполнение анкеты.
4. Нормирование шкал критериев оценок альтернатив с использованием функций принадлежности.
5. Автоматизированная обработка и анализ результатов экспертной оценки альтернатив.

Рассмотрим суть каждой процедуры.

Процедура 1. Перед применением предлагаемой процедуры для данного этапа предполагается, что аналитиком сформировано первичное множество альтернатив. Мы исходим из предположения (основная гипотеза или гипотеза - основание), что первичное множество альтернатив является решением проблемной ситуации. Основной целью анкетирования (экспертной оценки) является доказательство данной гипотезы.

Принято различать два вида гипотез: гипотезы-основания и гипотезы-следствия. Гипотезы-основания – это исходные теоретические предположения. Доказательство гипотезы-основания осуществляется через доказательство гипотез-следствий. Гипотеза-основание должна быть рассмотрена с разных точек зрения, т.е. должен быть второй уровень гипотезы-основания, из которых затем могут быть выведены гипотезы-следствия. Таким образом, определяется гипотеза-основание Z , для которой выявляются гипотезы-основания второго уровня Z_1, Z_2, \dots, Z_n . Далее по каждой гипотезе-основанию Z_i выводятся гипотезы-следствия $z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{im}$.

Множество гипотез-оснований второго уровня $\{Z_i\}$ соответствует множеству критериев K , а множество гипотез-следствий $\{z_{ij}\}$ – множеству значений критериев.

Процедура 2. Для каждой гипотезы-основания второго уровня Z_i должна быть построена количественная или лингвистическая шкала измерения гипотезы-следствия $\{z_{ij}\}$, определяющая ответы эксперта количественного или качественного характера (пример лингвистической шкалы приведен на рисунке 1). Количественные шкалы характеризуются единицей измерения и диапазоном ее изменения.



Рис.1. Пример лингвистической шкалы.

Процедура 3. В предлагаемой процедуре поиск оптимального уровня сложности анкеты проводится эвристически в два этапа.

На первом этапе отбираются наиболее информативные вопросы, характеризую-

щие объект исследования, выбирает шкалу оценок информативности и дает пример ее использования. При этом анкета должна быть логически обоснованной, соответствовать структуре объекта исследования, допускать только единственное толкование содержащихся в ней вопросов и возможность давать ответы в количественном формате. В качестве математического аппарата для формирования представления вопросно-ответных отношений предлагается применить логику предикатов первого порядка [6].

В общем виде вопрос описывается формулой.

$$(?x_1, \dots, x_n)G(A'', X, R) \quad (1)$$

где A'', R, X – множества термов вида: $A'' = \{a_i | a_i$ – предикатные постоянные, определяющие альтернативы ответов, $i=1, \dots, n$, n – количество альтернативных ответов на вопрос; $R = \{r_i | r_i$ – предикатные постоянные, определяющие вводимые ответы в открытых вопросах, $i=1, \dots, n$, n – количество вводимых ответов на открытый вопрос; $X = \{x_i | x_i$ – предикатные переменные, $i=1, \dots, n$, n – количество предикатных переменных}; G – пропозициональная форма, содержащая множества предикатных постоянных и переменных.

На **втором этапе**, благодаря тому, что в одной и той же анкете для оценок разных вопросов могут использоваться разные шкалы, вопросы анкеты объединяются в группы, соответствующие принятым шкалам оценок. В результате анкета представляет собой некоторую иерархическую систему вопросов.

К первой группе относятся частные вопросы, ответы на которые содержат количественную оценку. К числу их относятся вопросы относительно количественного

значения параметров; вопросы оценки степени взаимного влияния факторов и т. п.

Ко второй группе относятся более общие вопросы, ответы на которые содержат оценку приоритета. Примером, может служить вопрос о том, какие условия хранения являются предпочтительными: А, В или С. Эксперт ранжирует $A > B > C$.

К третьей группе относятся вопросы общего характера, требующие короткого ответа типа "да – нет". Например, какие элементы из приведенного списка разумнее использовать в рекламе товаров А, В, С, D, E...? Эксперт, отвечает $A \wedge C \wedge E$.

К четвертой группе относятся вопросы, требующие словесного (качественного) ответа в развернутой форме. Они могут делиться на две группы:

- вопросы, ответы на которые содержат информацию об объекте;
- вопросы, требующие аргументирования "за" и "против" содержащегося в них тезиса.

Такое построение анкеты оказывается весьма удобным для автоматизации процесса их обработки в СППР. Для составления анкеты согласно предлагаемого выше процедуре формируем блоки вопросов. Каждому программному вопросу соответствует блок вопросов. В блок вопросов входят атомарные вопросы. Гипотезы основания Z_1, Z_2, \dots, Z_n преобразуются в программные вопросы: Q_1, Q_2, \dots, Q_n , а гипотезы-следствия $z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{im}$ в атомарные вопросы $q_{i1}, q_{i2}, \dots, q_{im}$ блока Q_i . Тогда каждый вопрос, закрытый по форме, может быть представлен в табличном виде. В строках таблицы записываются альтернативы $a_i \in A$, а в столбцах таблицы – значения лингвистической шкалы $V_{ij} = \{v_{i1}, \dots, v_{ik}\}$. Пример заполнения лингвистического шаблона табличного вопроса приведен в табл.1.

Табл.1

Измерение	Лингвистическая шкала				
	v_{i1}	v_{i2}	v_{i3}	v_{i4}	v_{i5}
Альтернативы	Очень хорошо	Хорошо	Средне	Плохо	Очень плохо
a_1	X				
...					
a_n			X		

В терминах методологии анкетирования $Z_1, Z_2, \dots, Z_n, \{q_{ij} | i=1..n, j=1..mi\}$, А составляют систему показателей анкеты, а лингвистические шкалы – шкалы измерений показателей. После составления анкеты производится опрос экспертов. Эксперты оценивают альтернативы по каждому вопросу анкеты. Эксперт проставляет отметку напротив того значения количественной или лингвистической шкалы (столбца), которое, по его мнению, более

точно оценивает альтернативу, в противном случае оставляет пустое место.

Процедура 4. Пусть признаки, формирующие альтернативы A_i , содержат как числовые (количественные), так и лингвистические переменные (качественные). При этом каждой переменной ставится в соответствие функция принадлежности. При этом для оценки предпочтений будем использовать универсальную шкалу $[0,1]$. Другими словами, для множества $x \in [0,1]$ и функции принадлежности $\mu: x \rightarrow [0,1]$ нечеткое множество определяется как

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\} \quad (2)$$

Функция принадлежности (2) количественно градуирует принадлежность элементов множества альтернатив A , определяется $x \in A$ нечёткому множеству \tilde{A} , с нормированными переменными \tilde{x} . Значение 0 означает, что элемент не включает нечёткое множество, а 1 – элемент полностью описывается данным множеством. Среди наиболее известных и используемых функций принадлежности наиболее удобной и универсальной для рассматриваемых переменных оказываются треугольные функции, представленные на рис.2 и рис.3[6,7]:

а) для *max – min* шкалы предпочтений A_i альтернативы

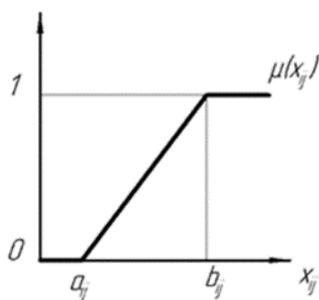


Рис.2. Нарастающая функция принадлежности

$$\mu(x_{ij}) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq a_{ij}; \\ \frac{x_{ij} - a_{ij}}{b_{ij} - a_{ij}}, & \text{если } a_{ij} < x < b_{ij}; \\ 1, & \text{если } x \geq b_{ij}, \end{cases} \quad (3)$$

где $a_{ij} = x_{\min ij}$; $b_{ij} = x_{\max ij}$

б) для *min – max* шкалы предпочтений A_j альтернативы

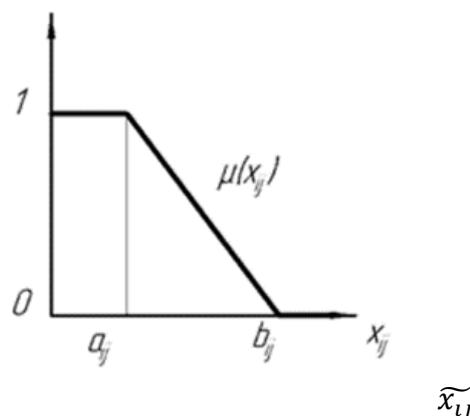


Рис.3. Убывающая функция принадлежности

$$\mu(x_{ij}) = \begin{cases} 1, & \text{если } x_{ij} \leq a_{ij} \\ \frac{b_{ij} - x_{ij}}{a_{ij} - b_{ij}}, & \text{если } a_{ij} \leq x_{ij} \leq b_{ij} \\ 0, & \text{если } x_{ij} \geq b_{ij} \end{cases} \quad (4)$$

где. $a_{ij} = x_{\min ij}$; $b_{ij} = x_{\max ij}$

Нормирование оценок сравниваемых альтернатив осуществляется на основании формул (3) и (4). Для этого:

- для всех количественных оценок находятся *max* и *min* значения рассматриваемой переменной;
- для всех лингвистических (качественных) оценок определяется максимальный и минимальный номер.

Процедура 5. Значения оценок альтернатив по номинальной шкале согласно формулам (3) и (4) формируются как:

$$vij' = \mu(ij) \quad (5)$$

где i –номер альтернативы, j –индекс значения количественной или лингвистической шкалы. Тогда сумму оценок по s -той альтернативе можно вычислить посредством сложения суммы оценок по каждому j -тому вопросу, которые сумми-

руються по всім вопросам i -того блока и по всім блокам анкеты.

$$r_s = \sum_{S=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k v_{ij} \quad (6)$$

В результате можем автоматически сформировать для исходного множества альтернатив A упорядоченное в порядке убывания множество их рангов $R=\{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ для определения согласно принципа Кондорсе [9,10] ПЛА (потенциально лучшей альтернативы). Окончательный выбор наилучшего решения остается за ЛПР. В случае необходимости учета важности отдельного критерия (вопроса) в формулу (6) необходимо ввести коэффициенты веса, которые можно определить одним из известных методов экспертных оценок. Пример расчета весовых коэффициентов приведен авторами в работе [11]. Практическое использование данного метода показало идентичность его результатов известным методам ПАРК, ОРКЛАСС, ЗА-

ПРОС, ШНУР и др., однако трудоемкость процесса принятия решения предложенного метода существенно ниже.

Заключение. Анализ деятельности различного рода СТС показывает, что задачи принятия инновационных решений характеризуются большим числом расплывчатых ограничений, неполнотой и неточностью исходных данных, множеством целей и подцелей, поэтому при построении СППР целесообразно использовать анкеты, построенные на сочетании числовых и лингвистических шкал. В связи с этим в статье предложен новый метод формирования и обработки экспертных анкет **ПРОБА**, в котором на основе системного анализа анкета рассматривается как лингвистическая модель СТС, что позволяет на базе предложенных процедур определить оптимальный состав и уровень сложности анкеты и представить ее в виде, удобном для автоматизированной обработки в СППР.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Prokopchuk G. Innovacionnye sociotekhnicheskie sistemy i ustojchivoe razvitie. - LAP Lambert Academic Publishing, 2012. - 136 s.
2. Rjabushkina V.S. Sociotekhnicheskie sistemy: voprosy teorii i praktiki, zarubezhnyj opyt. - Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj universitet, 2004. - 41 s.
3. Sergeev V.A. Osnovy innovacionnogo proektirovanija. - Ul'janovsk: UIGTU, 2010. - 246 s.
4. Orlov A.I., Orlova L.A. Sovremennyj podkhod k upravleniju innovacijami i investicijami//v sb. EHkonomika XXI veka. - 2012. - №12., С.3-26.
5. JAdov V.A. Strategija sociologicheskogo issledovanija. - M.: Dobrosvet, 2003. - 600 s.
6. Najkhanova L.V., Dambaeva S.V. Voprosno-otvetnye otnoshenija v metode izvlechenija znaniy «Anketirovanie»: Teoreticheskie i prikladnye voprosy sovremennykh informacionnykh tekhnologij. Materialy IV Vseros. Nauch.-tekh. konferencii. - Ulan-Udeh: VSGTU, 2003. - S.37-41.
7. Larichev O.I., Kochin D.JU., Ustinovichjus L.L. Verbal'nyj metod opredelenija ehffektivnosti investicij v stroitel'stve//Computer modelling and New Technologies. - 2003. - vol.7. - №2. - S.37-47.
8. Larichev O.I. Verbal'nyj analiz reshenij. - M.: Nauka, 2006. - 181 s.
9. Larichev O.I. Teorija i metody prinjatija reshenij, a takzhe khronika sobytij v volshebnykh stranakh. -M.: Logos, 2002. - 392 s.
10. Larichev O.I., Moshkovich E.M. Kachestvennye metody prinjatija reshenija. - M.: Nauka, Fizmatgiz, 1996. - 208 s.
11. Stenin A.A., Tkach M.M., Gubskij A.N., Stenin S.A. Sintez ierarkhicheskoj struktury kriteriev ocenki dejatel'nosti operatorov slozhnykh tekhnicheskikh sistem//Visnik NTUU KPI. -Informatika ta obchisljuval'na tekhnika: zb.nauk.pr. - K.: Vek, 2012. - №57. - S.60-64.

Рецензент: д.т.н., проф. Павлов О.А.
НТУУ «Киевский политехнический институт».