

# УПРАВЛІННЯ У ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

## УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

### CONTROL IN TECHNICAL SYSTEMS

УДК 519.8: 005.31

Гусев В. Б.

Канд. физ.-мат. наук, зав. лабораторией, Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, г. Москва, Российская Федерация

#### АНАЛИЗ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНЫХ ДАННЫХ И РЕФЛЕКСИВНЫХ ПРОЦЕДУР ВЫВОДА

**Актуальность.** При принятии решений достаточно распространена ситуация, когда сложные объекты управления функционируют в условиях неопределенности и характеризуются наличием нескольких критериев выбора, а также наличием параметров, плохо поддающихся измерению или имеющих качественный характер. В таких ситуациях для получения оценок и принятия решений разумно применять экспертные подходы. Это в свою очередь требует разработки специальных методов формализации рассматриваемых объектов и систем управления, а также соответствующих процедур численной обработки экспертных данных.

**Цель.** Целью работы является разработка процедур расчета оценок для последствий взаимодействия факторов управления на основе экспертных данных и метода выбора рациональных решений при наличии нескольких критериев.

**Метод.** Предметом рассмотрения является метод экспертного анализа, использующий рефлексивные процедуры многозначного логического вывода для получения транзитивного замыкания оценок взаимного влияния факторов и метод принятия решений на основе сбалансированного учета нескольких критериев.

**Результаты.** Предложенный метод принятия решений включает две составляющие: процедуру рефлексий для расчета транзитивного замыкания первичных оценок и процедуру формирования взвешенного критерия для сбалансированного учета нескольких критериев, учитывающих различные аспекты выбора. В ситуации двухкритериальности введен гибкий критерий, формирование которого основано на балансировке (учете степени важности) максиминного и минимаксного значений исходных критериев и на использовании релевантного подмножества учитываемых факторов. В качестве примера приведен расчет рационального выбора структуры нематериальных активов предприятия.

**Выводы.** Специфика рассмотренного подхода, обладающего принципиальной новизной, заключается в учете неопределенности, заключенной, как в свойствах экспертных данных, так и в наличии нескольких критериев выбора. Применение алгебры многозначной логики в процедуре рефлексий позволяет наиболее адекватно учитывать экспертные данные при оценивании вариантов принятия управленческих решений. Гибкий критерий является атрибутом самоорганизации управляемой системы. Разработанный метод экспертного анализа факторов управления, учитывающий последствия их взаимодействия, позволяет оценивать и выделять наиболее значимые факторы с точки зрения заданных критериев, принимать рациональные решения как для оперативного реагирования на сложившуюся ситуацию, так и при долгосрочном и стратегическом планировании. Численный пример представляет информативную демонстрацию эффективности предложенного подхода.

**Ключевые слова:** экспертные данные, многозначный логический вывод, оценки взаимного влияния факторов, транзитивное замыкание, управление нематериальными активами предприятия.

#### НОМЕНКЛАТУРА

$C$  – группа критериев;

$i$  – индекс критерия,  $i \in C$ ;

$M$  – множество факторов;

$U$  – управляющая группа факторов,  $U \subset M$ ;

$r \in U$  – стратегия выбора управления,  $r \in U$ ;

$f_i(r)$  – критерий  $i$  для стратегии  $r$ ;

$\Delta_{ij}(r), j \in [M]$  – оценки факторов для стратегии  $r$ ;

$s_{ij}, i \in C; j \in [M]$  – веса линейной свертки оценок;

$U^l$  – множество стратегий  $r$ , включающих  $l$  факторов из множества  $U$ ;

$U_1^l$  – множество стратегий, для которых реализуется

максимум 1-го критерия,  $U_1^l = \arg \max_{r \in U^l} f_1(r)$ ;

$U_{12}^l$  – часть множества парето для 2-х-критериальной задачи, где приоритетным является 1-й критерий,

$U_{12}^l = \arg \min_{r \in U_1^l} f_2(r)$ ;

$U_{21}^l$  – часть множества парето для 2-х-критериальной задачи, где приоритетным является 2-й критерий,  
 $U_{21}^l = \arg \max_{r \in U_{21}^l} f_1(r);$

$f_1^{\max}$  – экстремальное значение критерия  $f_1(r)$  в задаче  $\max_{r \in U_{21}^l} f_1(r);$

$f_2^{\max}$  – экстремальное значение критерия  $f_2(r)$  в задаче  $\min_{r \in U_{21}^l} f_2(r);$

$\hat{f}(r)$  – критерий для смешанной стратегии;

$\alpha$  – относительная частота решений  $U_{21}^l$  по отношению к решениям  $U_{12}^l;$

$A$  – экспертная матрица с коэффициентами  $a_{ij};$

$x$  – вектор оценок состояния;

$\oplus$  – логическая сумма;

$\otimes$  – логическое произведение;

$\Delta \bar{x}$  – транзитивное замыкание оценок взаимодействия.

## ВВЕДЕНИЕ

Действие одних факторов на другие затрагивает различные аспекты. В результате сложения эффекта от всех цепочек воздействий, исходящих от каждого фактора-причины и заканчивающихся факторами-следствиями, формируется системный эффект, определяемый полной совокупностью возникающих косвенных связей.

При принятии решений можно выбирать интерпретацию применяемых числовых данных, как оценки интенсивности взаимодействия факторов. Конкретный аспект взаимодействия обладает своей спецификой и требует соответствующего математического аппарата.

Отличительной чертой экспертного подхода является включение в анализ набора факторов, достаточно полно определяющих причинно-следственные связи рассматриваемого объекта. Используемые данные основываются на мнении экспертов и могут не иметь отражения в официальной статистике, дополняя их для целей анализа. Получаемые в результате анализа полные оценки степени взаимовлияний факторов можно использовать при сравнении различных сценариев развития с целью выбора управляющих воздействий при долгосрочном планировании.

Целью работы является разработка метода формирования критериев выбора рациональных решений в условиях неопределенности, основанных на оценках взаимодействия управляемых и управляющих факторов, а также разработка процедур расчета соответствующих оценок. Предметом рассмотрения является метод экспертного анализа, использующий рефлексивные процедуры многозначного логического вывода для получения транзитивного замыкания оценок взаимного влияния факторов. В качестве примера приведен расчет рационального выбора структуры нематериальных активов предприятия.

## 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Схема примитивных (прямых) взаимодействий факторов представляется экспертной матрицей  $A$ . Коэффициент  $a_{ij}$  этой матрицы означает оценку сверху первичного прироста фактора  $i$ , вызываемого приращением фактора  $j$  (аналог пропускной способности канала, направленного от фактора  $j$  к фактору  $i$ ). Задачей анализа транзитивного замыкания взаимодействий из рассматриваемой совокупности факторов является расчет оценок полного взаимовлияния факторов, учитывающих как прямые, так и косвенные воздействия, а также получение выводов об эффективности механизмов управления с точки зрения их воздействия на целевые показатели с индексами  $i \in C$ . Исходный этап анализа – подготовка экспертных данных, представляющих первичные оценки степени взаимовлияния рассматриваемых факторов друг на друга. Результат анализа – полные оценки степени взаимовлияний факторов, учитывающие расширенный набор цепочек транзакций. Применяемые в модели оценки представляются в баллах и интерпретируются как значения истинности в многозначной логике. Для операций над оценками используются соответствующие действия многозначной логики.

В процедуре поиска управляющих решений рассматриваются несколько критериев с индексами  $i \in C$ , а среди факторов множества  $M$  выделяется управляющая группа  $U \subset M$ . Будем обозначать  $[M]$  множество индексов, соответствующих элементам  $M$ . Пусть значения критериев  $f_i(r), r \in U$  рассчитываются как линейная свертка оценок факторов  $\Delta y_j, j \in [M]$  с заданными весами  $s_{ij}, i \in C; j \in [M]$

$$f_i(r) = \sum_{j \in [M]} \Delta y_j(r) \cdot s_{ij}.$$

Для критериев группы  $C$  ищется множество стратегий (векторов приращений оценок факторов), обладающих экстремальными свойствами на множестве значений факторов управляющей группы  $U$ .

## 2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Принятие решений при управлении сложными объектами требует учета большого числа одновременно действующих факторов. Поскольку исчерпывающий количественный анализ всего действующего набора этих факторов весьма затруднителен, имеет смысл исследовать их системное влияние на качественном уровне с применением моделей причинно-следственных влияний и методов сценарного анализа [1, 2]. Исходная система взаимных влияний в результате рефлексивного наложения всех косвенных воздействий формирует систему полных влияний как их транзитивное замыкание [3].

Результаты рефлексий оценок взаимодействий могут быть использованы в качестве подсказок при рациональном выборе набора управляющих факторов и принятии решений в ситуации, когда требуется учитывать значения более одного критерия [4, 5]. При этом, по аналогии

с матричными играми [6, 7], приходится применять идею смешанных стратегий [8]. Если применить принцип равнозначности критериев, то в работе показано, что можно перейти к одному взвешенному критерию, структура которого (набор управляющих факторов) зависит от исходных данных.

Свойство гибкости критерия присуще саморазвивающимся системам [9]. Понятия саморазвития, самоорганизации привлекают внимание известных исследователей [10]. К саморазвивающимся системам относятся также социально-экономические и организационные системы [11]. Яркими примерами нестабильных саморазвивающихся систем с автономным управлением являются национальная и мировая экономические системы, демонстрирующие циклический характер развития, плохо предсказуемые спады и кризисы. Тем не менее, в условиях изменяющейся (возможно дестабилизирующей) внешней среды саморазвивающиеся системы могут обладать потенциальной способностью поддерживать в течение определенного времени установившийся режим функционирования. Последнее обеспечивается внутренними механизмами выбора, как управляющих воздействий, так и критериев принятия решений в соответствии с состоянием самой системы и внешней среды [6].

В качестве примера применения метода анализа рассматривается выбор на уровне национальной экономической системы ведущих факторов управления нематериальными активами. Нематериальные активы (НМА) играют все большую роль в развитии экономики, основанном на инновациях, высоких технологиях, интеллектуальном багаже. Обычно к НМА предприятия причисляют типы активов, представляющие собой долгосрочные вложения в приобретение прав на имущество и не имеющее материальной формы, но приносящее предприятию доход [12, 13].

### 3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Предлагаемый метод включает процедуру рефлексий для расчета транзитивного замыкания первичных оценок и процедуру формирования взвешенного критерия для сбалансированного учета нескольких критериев, учитывающих различные аспекты выбора.

Рассмотрим ситуацию с двумя критериями  $C = \{1,2\}$ . При этом, по критерию 1 (например, доходу) мы ищем максимум, а по критерию 2 (затратам) – минимум. Обозначим  $U^l$  – множество стратегий  $r$ , включающие  $l$  факторов из множества  $U$ . Определим две группы стратегий, согласно которым будет вычисляться экстремум: минимаксную (гарантированный доход) и максиминную (неизбежные потери).

Стратегия 1. Обозначим для минимаксной задачи  $U1^l = \arg \max_{r \in U1^l} f1(r)$  – множество стратегий, для которых реализуется максимум 1-го критерия,  $U12^l = \arg \min_{r \in U1^l} f2(r)$  – часть множества Парето для 2-х критериальной задачи, где приоритетным является 1-й критерий. Обозначим экстремальные значения критериев в этой задаче  $f1^{\max} = \max_{r \in U1^l} f1(r)$  и  $f2^{\max} = \min_{r \in U1^l} f2(r)$ .

Стратегия 2. Аналогично для максиминной задачи  $U2^l = \arg \min_{r \in U2^l} f2(r)$  – множество стратегий, для которых реализуется минимум 2-го критерия,  $U21^l = \arg \max_{r \in U2^l} f1(r)$  – часть множества Парето для 2-х критериальной задачи, где приоритетным является 2-й критерий. Обозначим экстремальные значения критериев в этой задаче  $f2^{\min} = \min_{r \in U1^l} f2(r)$  и  $f1^{\min} = \max_{r \in U2^l} f1(r)$ .

Смешанная стратегия. Выбор управляющего решения должен учитывать результаты двух рассмотренных стратегий. Для этого можно использовать смешанную стратегию, ориентированную на чистый эффект от выбора управляющего решения. Поскольку критерии инвариантны относительно выбора масштабного коэффициента для весов  $s_{ij}, i \in C; j \in [M]$ , смешанную стратегию

$$\hat{f}(r) = f1(r) + \alpha \cdot f2(r)$$

будем определять по принципу равновесия гарантированного дохода и неизбежных потерь

$$\hat{f}(U12^l) = \hat{f}(U21^l),$$

то есть

$$f1(U12^l) + \alpha \cdot f2(U12^l) = f1(U21^l) + \alpha \cdot f2(U21^l),$$

откуда

$$\alpha = (f1(U12^l) - f1(U21^l)) / (f2(U21^l) - f2(U12^l))$$

или

$$\alpha = (f1^{\min} - f1^{\max}) / (f2^{\max} - f2^{\min}).$$

$$\text{Если } f2^{\max} \neq f2^{\min}.$$

$$\text{Если } f2^{\max} = f2^{\min}, \text{ тогда } \hat{f}(r) = f2(r).$$

$$\text{Если } f1^{\max} = f1^{\min}, \text{ тогда } \hat{f}(r) = f1(r).$$

Здесь весовой коэффициент  $\alpha$  трактуется как относительная частота решений  $U21^l$  по отношению к решениям  $U12^l$ . Таким образом, критериальная функция смешанной стратегии  $\hat{f}(r)$  зависит от количества факторов  $l$ , определяющего выбор конфигурации решающего правила, а решение и значение критерия определяются также количеством факторов  $l$ . Следовательно, при использовании смешанной стратегии необходимо получить оптимальные значения критерия при различных  $l$  и выбрать то, которое соответствует максимальному значению критерия. Смешанная стратегия позволяет сформировать критерий, отвечающий актуальным, краткосрочным целям развития и выделить группу факторов, наиболее соответствующих этому критерию.

Для формирования обобщающего критерия, соответствующего долгосрочным целям, может быть использован метод нелинейной свертки частных критериев на основе экспертных данных (комплексного оценивания [5]).

В процедуре рефлексий с логическим выводом при оценивании результатов взаимного влияния факторов рассматриваемым факторам могут быть приписаны численные значения показателей (оценки) состояния  $\chi_i$ . Прирост факторов, определяемый непосредственным действием действующих механизмов, будем характеризовать как результат примитивных взаимодействий. Наблюдаемые результаты взаимодействий факторов (полные взаимодействия) определяются как примитивными, так и косвенными влияниями. Примитивные влияния могут отличаться по степени (интенсивности) и характеру действия. Последний определяется свойствами группового воздействия: независимым или совместным. При групповом воздействии его результат оценивается по свертке оценок влияния компонент группы.

Оценки интенсивности и надежности (риска) взаимодействия могут представляться в балльной шкале. Значения коэффициентов  $a_{ij}$  матрицы примитивных взаимодействий  $\mathbf{A}$ , назначаемые экспертным способом, находятся в интервале от  $a_{\min}$  до  $a_{\max}$ . Знаки коэффициентов определяются характером влияния – положительным или отрицательным. Для обозначения совместного воздействия факторов кроме численного значения используются символы групп влияния.

Операции над оценками (компонентами вектора оценок состояния  $\mathbf{x}$  и матрицы  $\mathbf{A}$ ) следующие: логическая сумма  $\oplus$  (аналог конъюнкции, или логической суммы в булевой алгебре), логическое произведение  $\otimes$  (аналог дизъюнкции, или логического произведения в булевой алгебре).

Результат однократного воздействия факторов переводит приращение  $\Delta \mathbf{x}$  их начального вектора состояния  $\mathbf{x}$  в состояние  $\mathbf{y} \oplus \Delta \mathbf{y}$ , определяемое как действие логической векторной операции

$$\Delta \mathbf{y} = \mathbf{A} \otimes \Delta \mathbf{x}, \quad (1)$$

где знаком  $\otimes$  обозначена векторная операция логического умножения матрицы на вектор.

Свойствами операций многозначной логики обладают следующие правила. Результат независимого примитивного воздействия фактора  $j$  на фактор  $i$  представляется формулой логического умножения

$$y_{ij} = a_{ij} \otimes \Delta x_j = \min(|a_{ij}|, |\Delta x_j|) \text{sign}(a_{ij} \Delta x_j).$$

Результат совместного взаимно дополнительного (комплементарного) воздействия группы факторов  $g$ , когда для результата требуется воздействие всех факторов группы, представляется формулой

$$\Delta y_i g = \min_j \{|\Delta y_{ij}|\} \text{sign}(\prod_j \Delta y_{ij}), j \in g.$$

Для обозначения совместного воздействия факторов кроме численного значения используется символ групп влияния.

Результат взаимно компенсирующего (субституционального) воздействия факторов  $j$  и  $k$  на фактор  $i$ , когда для результата достаточно любого из действующих факторов, представляется формулой логической суммы

$$\Delta y_{ij} \oplus \Delta y_{ik} = \max(|\Delta y_{ij}|, |\Delta y_{ik}|) \text{sign}(\Delta y_{ij} + \Delta y_{ik} \pm \varepsilon),$$

где  $0 < \varepsilon < 1$  – добавка, позволяющая оценить разброс результатов в результате вычислительной неоднозначности операции  $\text{sign}$ .

Будем считать, что номенклатура компонент векторов  $\mathbf{x}$  и  $\mathbf{y}$  совпадают (матрица  $\mathbf{A}$  квадратная). Тогда итеративное применение операции (1) отражает изменение состояния в модельном времени. Для расчета транзитивного замыкания оценок взаимодействия  $\Delta \bar{\mathbf{x}}$  можно использовать итеративную процедуру, использующую операцию (1) при замене  $\Delta \mathbf{y}$  на  $\Delta \bar{\mathbf{x}}$ .

#### 4 ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Приведем рассматриваемый перечень факторов малого предприятия, взаимовлияние которых мы будем рассматривать.

1. Бренды.
2. Знания.
3. Технологии.
4. Образование.
5. Предпринимательская активность.
6. Климат благоприятствования НТП.
7. Экспорт и импорт услуг.
8. Международные ценные бумаги.
9. Лицензии на осуществление вида деятельности.
10. Лицензии на осуществление внешнеторговых и котируемых операций.
11. Цена фирмы.
12. Права пользования природными ресурсами.
13. Лицензии на использование опыта специалистов.
14. Расходы на НИОКР.
15. Обучение специалистов.
16. Реклама.
17. Патенты.

Экспертную оценку прямого взаимного влияния факторов представляем в виде таблицы с экспертными оценками  $a_{ij}$ , где значения оценок лежат в интервале от 0 до 10. Оценки, имеющие совпадающий буквенный индекс, являются комплиментами.

Заметим, что оказывать влияние мы можем лишь на часть факторов, поэтому составим список факторов, которые возможно изменить. Это 12 факторов: Бренды, Знания, Технологии, Образование, Предпринимательская активность, Экспорт и импорт услуг, Лицензии на осуществление вида деятельности, Лицензии на осуществление внешнеторговых и котируемых операций, Лицензии на использование опыта специалистов, Расходы на НИОКР, Обучение специалистов, Реклама и Патенты.

Среди этих факторов будем искать те, изменение которых повлечет наилучший результат. В качестве оценки наилучшего результата будем считать значения для оценки затрат на осуществление данного результата и капитализации, получаемой в результате. Для этого составим экспертные оценки стоимости и прибыли в зависимости от каждого фактора. Будем получать значения для этих критериев путем произведения выходного вектора на вектор оценки.

Таблица 1 – Матрица оценок прямых зависимостей факторов друг от друга

Факторы \ №№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1. Бренды.		4	6								5					5	
2. Знания.				7									3		5		
3. Технологии.		4		5								3		4	3		
4. Образование.															7		
5. Предпринимательская активность.						6	3		4								
6. Климат благоприятствования НТП.													5				
7. Экспорт и импорт услуг.					7			3	4	5							6
8. Международные ценные бумаги.										8							
9. Лицензии на осуществление вида деятельности.	8a				6a												7
10. Лицензии на осуществление внешнеторговых и котируемых операций.					5b		6b										
11. Цена фирмы.	7						6										8
12. Права пользования природными ресурсами.					4												
13. Лицензии на использование опыта специалистов.					6c												8c
14. Расходы на НИОКР.						7d									6d		
15. Обучение специалистов.						5											
16. Реклама.	6e					5e											7
17. Патенты			8f	4f								2					

Таблица 2 – Коэффициенты свертки  $s_{ij}$ 

Номер фактора	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Капитализация $S_{1j}$	5	0	3	0	0	0	6	5	4	5	7	3	2	0	0	0	6
Стоимость $S_{2j}$	6	0	6	0	0	0	3	0	4	5	0	4	5	4	3	6	4

## 5 РЕЗУЛЬТАТЫ

Процесс поиска наилучшего вектора устроим таким образом: среди векторов приращений с определенным количеством изменяемых факторов (1–4) будем искать те, которые определяют минимальные затраты при максимальной капитализации и те, которые будут соответствовать максимальной капитализации при минимальных затратах.

Таким образом, получаем 8 пар (стоимость, капитализация) значений для различного количества изменяемых исходных параметров. В каждой из таблиц указаны стоимости реализации и полученное при этом приращение капитала, а также номера управляющих факторов, при которых достигаются данные значения. В двух последних строках таблицы приводятся значения весового коэффициента  $\alpha$  и критериальной функции смешанной стратегии  $\hat{f}(r)$ .

Оптимальное значение 48,6 смешанного критерия достигается при количестве управляющих факторов  $l = 3$  и весовом коэффициенте  $\alpha = 0,84$  факторов сценария (2).

Графический вид результатов представлен на рис. 1.

В результате проведенного анализа отметим, что при увеличении количества управляющих факторов относительное изменение критериальных факторов достаточно невелико. При этом, при переходе от простых стратегий к более сложным (количество управляющих факторов  $l$  меняется от 1 до 4), объем капитала возрастает, а разность между ним и стоимостью уменьшается. Таким образом, выбор рациональной стратегии управления НМА может заключаться в компромиссе между этими стратегиями.

Основными факторами, влияющими на результат в случае использовании стратегии (1) являются 3, 5, 10 и 17, то есть Технологии, Предпринимательская активность, Лицензии на осуществление внешнеторговых и котируемых операций и Патенты соответственно. В случае использовании стратегии (2) основополагающими факторами являются 1, 2, 3, 14 и 16, то есть Бренды, Знания, Технологии, Расходы на НИОКР и Реклама.

При использовании смешанной стратегии основными (с весом 1) факторами, влияющими на результат, являются 5, 10, 17 (Предпринимательская активность, Ли-

Таблица 3 – Результаты расчетов

Количество управляющих факторов $l$		1		2		3		4	
Стратегия		1	2	1	2	1	2	1	2
Управляющие факторы $U^l$		5	1	10, 17	1, 16	5, 10, 17	1, 3, 16	3, 5, 10, 17	1, 2, 14, 16
Капитализация		216	74	261	74	279	79	284	86
$f_1^{\max}$	$f_1^{\min}$								
Стоимость		174	30	242	30	273	36	279	54
$f_2^{\max}$	$f_2^{\min}$								
$\alpha$		-0,98611		-0,88208		-0,84388		-0,88	
$\hat{f}(U_{12}^l)$	$\hat{f}(U_{21}^l)$	44,41667	44,41667	47,53774	47,53774	48,62025	48,62025	38,48	38,48

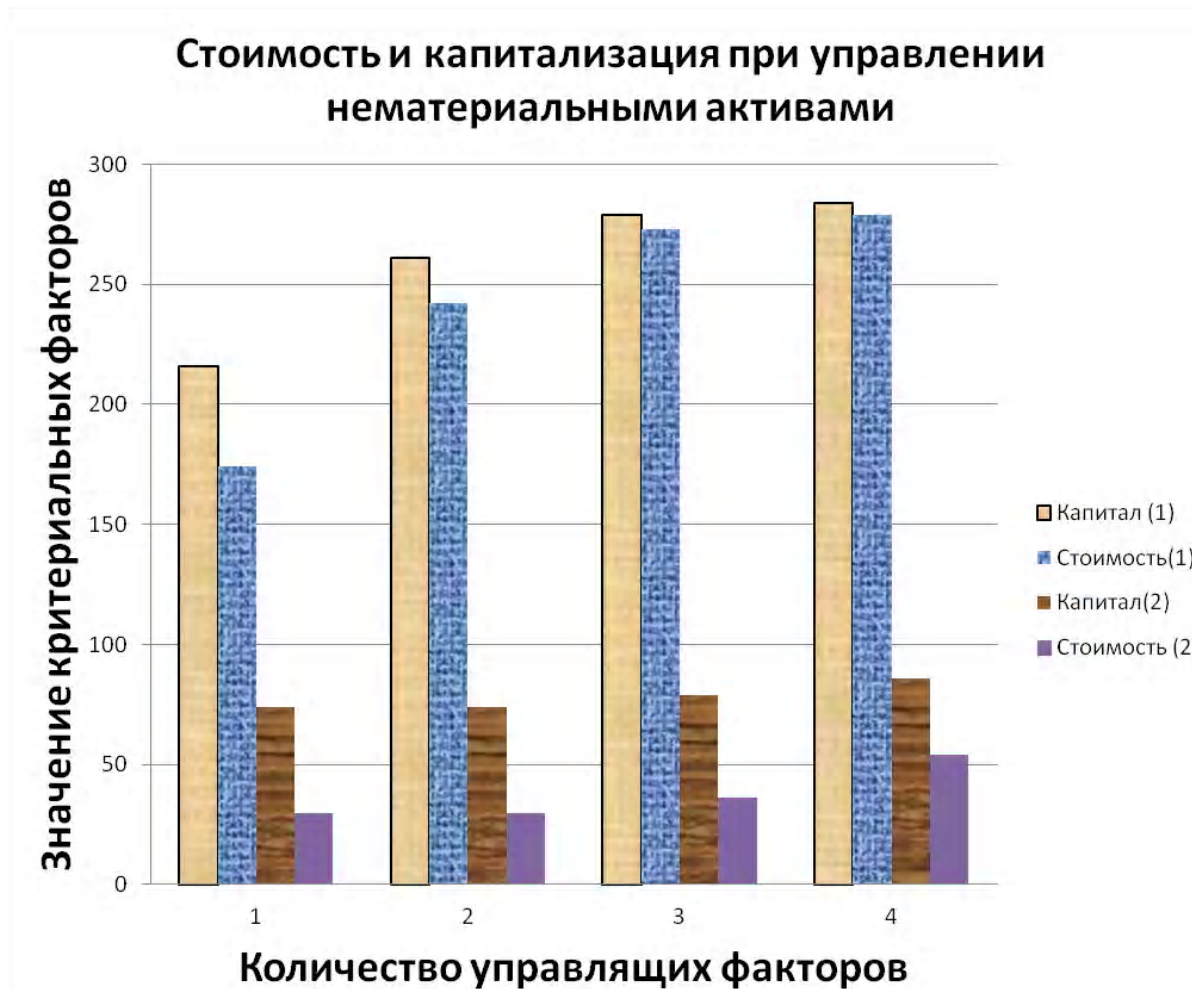


Рисунок 1 – Результаты анализа стратегий управления нематериальными активами предприятия

цензии на осуществление внешнеторговых и котируемых операций и Патенты); и с весом 0,84 – факторы 1, 3, 16 (Бренды, Технологии, Реклама).

### 6 ОБСУЖДЕНИЕ

Предложенный метод принятия решений включает две составляющие, обладающие принципиальной новиз-

ной: процедуру рефлексий для расчета транзитивного замыкания первичных оценок и процедуру формирования взвешенного критерия для сбалансированного учета нескольких критериев, учитывающих различные аспекты выбора. Специфика рассмотренной задачи заключается в наличии неопределенности, заключенной, как в свойствах экспертных данных, так и в наличии несколь-

ких критерієв вибору. Применение алгебры многозначной логики в процедуре рефлексий позволяет наиболее адекватно учитывать экспертные данные при оценивании вариантов принятия управленческих решений. Формирование взвешенного критерия основано на балансировке (учете степени важности) максиминного и минимаксного значений исходных критерієв. Процесс балансировки осуществлялся для различных количеств учитываемых факторов. При этом обнаружено, что наилучший результат реализуется на собственном подмножестве множества управляющих факторов (в рассмотренном примере в выбранном смешанном критерии учитывались 3 фактора из 12 управляющих факторов). Этот эффект можно объяснить тем, что в ситуации неопределенности решающее значение имеет лишь ограниченное множество управляющих факторов из всего множества возможных управлений.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен новый алгоритм исследования взаимовлияния различных факторов (в нашем примере инструментов управления нематериальными активами предприятия). Предложенный метод моделирования и принятия решений, использующий экспертные данные, оценивает устойчивые взаимосвязи с учетом системного эффекта от взаимодействия большого количества факторов, отследить который в ручном режиме не представляется возможным. Анализ различных сценариев управления позволяет выделить набор перспективных факторов НМА с точки зрения их влияния на заданные критерии в долгосрочном периоде. Смешанный сценарий позволяет выделить наиболее перспективные факторы НМА (преимущественно в краткосрочном периоде). Метод позволяет принимать рациональные управленческие решения в области управления нематериальными активами предприятия.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Даная работа выполнена в рамках плана фундаментальных исследований Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН: «Модели, методы и процедуры выбора управленческих решений при реализации программ развития крупномасштабных региональных и производственно-транспортных систем. Комплексирование методов моделирования, оптимизации и искусственного интеллекта, предназначенных для формирова-

ния и реализации программ инновационного развития региональных производственных систем».

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев В. Б. Принятие решений в сильносвязанных структурах взаимодействия факторов и следствий / В. Б. Гусев // Конгресс по интеллектуальным системам и технологиям «AIS-IT'10»: труды конгресса. Научное издание в 4-х томах. – М.: Физматлит, 2010. – Т. 1. – С. 124–130.
2. Саати Томас Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. Пер. с англ. / Томас Л. Саати; науч. ред. А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. Изд. 2-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 360 с.
3. Гусев В. Б. Метод рефлексивного оценивания взаимодействия факторов денежно-кредитной политики / В. Б. Гусев, Н. А. Исаева // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10 часть 9. – С. 2005–2009.
4. Гусев В. Б. Экспертный анализ системного эффекта от взаимовлияний факторов кредитно-денежной политики для поддержки принятия решений на основе рефлексивных процедур линейного оценивания и логического вывода / В. Б. Гусев, Н. А. Исаева // Проблемы управления. – 2014. – № 6. – С. 59–67.
5. Гусев В.Б. Использование непрерывных шкал при оценивании и принятии решений в сложных проблемных ситуациях: научное издание / В. Б. Гусев, В. В. Павельев. – М.: ИПУ РАН, 2013. – 118 с.
6. Нейман Дж. Теория игр и экономическое поведение / Дж. Нейман, О. Моргенштерн. – М.: Наука, 1970. – 418 с.
7. Гермейер Ю. Б. Игры с противоположными интересами / Ю. Б. Гермейер. – М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1976. – 381 с.
8. Таха Х. А. Введение в исследование операций. 6-е издание / Х. А. Таха. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 902 с.
9. Князева Е. Н. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. / Е. Н. Князева, С. П. Курдюмов. – М.: Наука, 1994. – 238 с.
10. Нейман Дж. Теория самовоспроизводящихся автоматов / Дж. Нейман. – М.: Мир, 1971. – 481 с.
11. Вишневецкий А. Г. Воспроизводство населения и общество: история, современность, взгляд в будущее / А. Г. Вишневецкий. – М.: Финансы и статистика, 1982. – 287 с.
12. КППМГ. МСФО: точка зрения КППМГ. Практическое руководство по международным стандартам финансовой отчетности, подготовленное КППМГ. – М.: Альпина Паблишер, 2014. – 2832 с. – ISBN 978-5-9614-4604-3.
13. Ernst & Young. Применение МСФО 2011 в 3-х частях / Ernst & Young. – М.: Альпина Паблишер, 2011. – 4000 с. – ISSN 978-5-4295-0019-5

Статья поступила в редакцию 13.12.2017.

После доработки 28.12.2017.

Гусев В. Б.

Канд. физ.-мат. наук, зав. лабораторией, Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, м. Москва, Российская Федерация

### АНАЛІЗ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ ЕКСПЕРТНИХ ДАНИХ І РЕФЛЕКСИВНИХ ПРОЦЕДУР ВИСНОВКУ

**Актуальність.** Коли рішення є досить часто ситуація, де комплекс об'єкти Office, що діють в умовах невизначеності і характеризуються кілька критерієв відбору, а також наявність погано вимірюваних параметрів або якісні в природі. В таких ситуаціях щоб отримувати оцінки та прийняття рішень, це розумно застосовувати експерт підходів. Це вимагає розробку спеціальних методів для формалізації розглянутих об'єктів і систем управління, а також відповідних процедур чисельного обробки знань.

**Мета.** Метою проекту є вдосконалення процедур оцінки впливу взаємодії чинників управління на основі досвіду та вибір методу раціональні рішення, коли у вас є кілька критерієв.

**Метод.** Стадії розгляду – метод експертного аналізу, використовує Рефлексивне процедури багатозначних логічного виведення отримати Транзитивне замикання оцінок взаємного впливу факторів та методу прийняття рішень на основі збалансоване врахування кілька критерієв.

**Результати.** Запропонованих рішень містить у собі дві складові: порядок розрахунку Транзитивне замикання роздуми первинні оцінки та порядок формування зважених критерієв для балансування кілька критерієв, що брати до уваги різні аспекти виділення. У ситуації *dvuhkriterial'nosti* представила гнучкий критерію, формування якого ґрунтується на балансуванні (зареєстрований рівень важливості) і *maksiminnogo MiniMax* посилення критерієв та цінності використання відповідних підмножин включені факторів. Як приклад обчислення раціональним вибором структури нематеріальних активів компанії.

**Висновки.** Специфіка розглянутий підхід з основних новизна зареєстрованих невизначеності, укладений як експерт дані в властивості і є кілька критеріїв відбору. Використання процедури Багатозначна логіка алгебра роздуми може адекватно брати до уваги досвід при оцінці варіантів для управлінських рішень. Гнучка критерієм є атрибут самоорганізації керовані системи. Метод експертного аналізу, контролю факторів, з урахуванням ефектів їх взаємодії, щоб оцінити і виділити найбільш важливих факторів, з точки зору конкретні критерії, приймати раціональні рішення щодо того, реагувати на ситуацію а також з довгострокове також стратегічне планування. Числовий приклад є інформативним, демонструючи ефективність запропонованого підходу.

**Ключові слова:** експертні дані, багатозначний логічний висновок, оцінки взаємного впливу факторів, транзитивне замикання, керування нематеріальними активами підприємства.

Gusev Vladislav Borisovich

PhD, Associate Professor, Chief of laboratory, Institute of Control Sciences of V. A. Trapeznikov, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

#### DECISION ANALYSIS ON THE BASIS OF EXPERT DATA AND REFLEXIVE PROCEDURES OF THE CONCLUSION

**Relevance.** At decision-making the situation is rather widespread when difficult objects of management function in the conditions of uncertainty and are characterized by existence of several criteria of a choice, and also by existence the parameters which are badly giving in to measurement or having qualitative character. In such situations it is reasonable to apply expert approaches to receiving estimates and decision-making. It in turn demands the development of special methods of formalization of the considered objects and control systems, and also the corresponding procedures of numerical processing of expert data.

**Purpose.** The purpose of work is development of procedures of calculation of estimates for consequences of interaction of factors of management on the basis of expert data and a method of a choice of rational decisions in the presence of several criteria.

**Method.** A subject of consideration is the method of the expert analysis using reflexive procedures of a multiple-valued logical conclusion for receiving transitive short circuit of estimates of mutual influence of factors and a decision-making method on the basis of the balanced accounting of several criteria.

**Results.** The offered method of decision-making includes two components: procedure of reflections for calculation of transitive short circuit of primary estimates and procedure of formation of the weighed criterion for the balanced accounting of several criteria considering various aspects of a choice. The flexible criterion which formation is based on balancing (the accounting of degree of importance) of maximin and minimax values of initial criteria and on use of a relevant subset of the considered factors is entered into double criteria situations. Calculation of a rational choice of structure of intangible assets of the enterprise is given as an example.

**Conclusions.** Specifics of the considered approach possessing basic novelty consist in the accounting of the uncertainty concluded as in properties of expert data, and available several criteria of a choice. Application of algebra of multiple-valued logic in procedure of reflections allows considering most adequately expert data at estimation of options of adoption of administrative decisions. The flexible criterion is attribute of self-organization of the operated system. The developed method of the expert analysis of factors of management considering consequences of their interaction allows estimating and allocating the most significant factors from the point of view of the set criteria, to make rational decisions as for rapid response to current situation, and at long-term and strategic planning. The numerical example represents informative demonstration of efficiency of the offered approach.

**Keywords:** expert data, multiple-valued logical conclusion, estimates of mutual influence of factors, transitive short circuit, management of intangible assets of the enterprise.

#### REFERENCES

1. Gusev V.B. Prinyatie reshenii v sil'nosvyazannykh strukturakh vzaimodeistviya faktorov i sledstviy, *Kongress po intellektual'nykh sistemam i tehnologiyam «AIS-IT'10»: trudy kongressa. Nauchnoe izdanie v 4-h tomah.* Moscow, Fizmatlit, 2010, Vol. 1, pp. 124–130.
2. Saati Tomas L. ; nauch. red. A. V. Andreichikov, O. N. Andreichikova Prinyatie reshenii pri zavisimostyah i obratnykh svyazyah: Analiticheskie seti. Per. s angl. Izd. 2-e. Moscow, Knizhnyi dom «LIBROKOM», 2009, 360 p.
3. Gusev V. B., Isaeva N. A. Metod refleksivnogo ocenivaniya vzaimodeistviya faktorov denezhno-kreditnoi politiki, *Fundamental'nye issledovaniya*, 2013, No.10 chast' 9, pp. 2005–2009.
4. Gusev V. B., Isaeva N. A. Ekspertnyi analiz sistemnogo effekta ot vzaimovliyaniy faktorov kreditno-denezhnoi politiki dlya podderzhki prinyatiya reshenii na osnove refleksivnykh procedur lineinogo ocenivaniya i logicheskogo vyvoda, *Problemy upravleniya*, 2014, No. 6, pp. 59–67.
5. Gusev V. B., Pavel'ev V. V. Ispol'zovanie nepreryvnykh shkal pri ocenivanii i prinyatii reshenii v slozhnykh problemnykh situatsiyah: nauchnoe izdanie. Moscow, IPU RAN, 2013, 118 p.
6. Neiman Dzh., Morgenshtern O. Teoriya igr i ekonomicheskoe povedenie. Moscow, Nauka, 1970, 418 p.
7. Germeier Yu. B. Igry s neprotivopolozhnymi interesami. Moscow, Glavnaya redakciya fiziko-matematicheskoi literatury izdatel'stva «Nauka», 1976, 381 p.
8. Taha Hemedi A. Vvedenie v issledovanie operacii. 6-e izdanie. Moscow, Izdatel'skii dom «Vil'yams», 2001, 902 p.
9. Knyazeva E. N., Kurdyumov S. P. Zakony evolyucii i samoorganizacii slozhnykh sistem. Moscow, Nauka, 1994, 238 p.
10. Neiman Dzh. Teoriya samovosproizvodiyashih avtomatov. Moscow, Mir, 1971, 481 p.
11. Vishnevskii A. G. Vosproizvodstvo naseleniya i obshestvo: Istoriya, sovremennost', vzglyad v budushee. Moscow, Finansy i statistika, 1982, 287 p.
12. KPMG. MSFO: tochka zreniya KPMG. Prakticheskoe rukovodstvo po mezhdunarodnym standartam finansovoi otchetnosti, podgotovlennoe KPMG. Moscow, Al'pina Publisher, 2014, 2832 p. ISBN 978-5-9614-4604-3.
13. Ernst & Young. Primenenie MSFO 2011 v 3-h chastyakh. Moscow, Al'pina Publisher, 2011, 4000 p. ISSN 978-5-4295-0019-5