

УДК

В.Б. Гусев

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова,
e-mail: gusvbr@maul.ru

Исаева Н.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова

ЭКСПЕРТНАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ПРОГНОЗНЫХ ОЦЕНОК СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СТРАНЫ

Ключевые слова: социально-экономическое развитие страны, автономизация внешних связей, экспертные модели, управляющие факторы, принятие управленческих решений.

Рассматривается экспертная модель расчета прогнозных оценок социально-экономического развития страны в условиях автономизации внешних связей. Экспертные модели предназначены для оценки долгосрочных последствий взаимодействия факторов хозяйственной деятельности на уровне государства. 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. Задачей анализа взаимодействий из рассматриваемой совокупности факторов является получение выводов об эффективности механизмов управления с точки зрения их воздействия на целевой показатель – рост промышленного производства. Результаты рефлексий оценок взаимодействий могут быть использованы в качестве подсказок при рациональном выборе управляющих факторов и принятии управленческих решений. Представлены модель и метод экспертного анализа взаимовлияния факторов, отображающих функционирование экономики, финансовой сферы, инновационной деятельности, государственного управления. Полные оценки влияния оцениваются с помощью транзитивного замыкания примитивных связей, которое выполняется рефлексивными процедурами, использующими различные реализации операций над оценками. Предлагаемые методы получения оценок взаимодействия и принятия решений являются новыми и представляют как научный, так и практический интерес.

V.B. Gusev, N.A. Isaeva

EXPERT MODEL FOR CALCULATING PROJECTIONS OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT

Keywords: socio-economic development, external relations, automation, expert models, control factors, decision-making.

The expert model for calculating projections of socio-economic development of the country in the context of autonomy of external relations considered. Expert models are designed to evaluate the long-term effects of the interaction of factors of economic activity at the State level. The initial analysis phase is the preparation of expert data representing the primary evaluation of the degree of interference of the considered factors at each other. The result of the analysis is the full assessment of the extent of interaction skills factors, taking into account the expanded set of chains of transactions. Task analysis of interactions of factors under consideration is to obtain conclusions about the effectiveness of the governance arrangements in terms of their impact on target-growth of industrial production. Results of reflections assessments of interactions can be used as hints for rational choice factors governing and management decisions. The model and the method of expert analysis of interference factors that show the functioning of the economy, finance, innovation, and public administration presented. Full impact assessments are evaluated using transitive closures of primitive relationships, which is reflective of procedures that use different implementation operations on assessments. Proposed methods of obtaining estimates of interaction and decision-making are new and are both an academic and practical interest.

Введение

Применяемые в модели оценки представляются в баллах и интерпретируются как значения истинности в многозначной логике. Для операций над оценками используются соответствующие

действия многозначной логики. 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. Полные оценки степени взаимовлияний факторов можно использовать при сравнении различных сценариев развития с целью выбора управляющих воздействий при долгосрочном планировании.

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

Используемые оценки взаимовлияния факторов в результате их взаимодействия являются более консервативными, чем оценки состояния самих факторов, которые с течением времени могут иметь большой разброс. Значения оценок транзитивного замыкания влияния факторов на себя позволяют судить о степени устойчивости этих оценок.

Начальный анализ взаимовлияния факторов заключается в исследовании парных взаимодействий [4]. Из всех пар на множестве рассматриваемых факторов выделяются пары, для которых можно представить механизм прямого взаимодействия типа «причина – следствие». Это так называемые «примитивные» взаимодействия. Косвенные влияния на этом этапе отсеиваются. Топология связей определяется на основании представлений эксперта об исследуемых процессах. Структура примитивных связей

и значения коэффициентов связи уточняются в процессе верификации модели.

Задачей анализа транзитивного замыкания взаимодействий из рассматриваемой совокупности факторов является получение выводов об эффективности механизмов управления с точки зрения их воздействия на целевой показатель – рост промышленного производства. Результаты рефлексий оценок взаимодействий могут быть использованы в качестве подсказок при рациональном выборе управляющих факторов и принятии управленческих решений [5].

1. Процедура рефлексий с логическим выводом при оценивании результатов взаимного влияния факторов

Пусть рассматриваемым факторам финансового сектора экономики могут быть приписаны численные значения показателей состояния x_i . Прирост факторов, определяемый непосредственным действием финансовых механизмов будем характеризовать как результат примитивных взаимодействий. Наблюдаемые результаты взаимодействий факторов (полные взаимодействия) определяются как примитивными, так и косвенными влияниями. Примитивные взаимодействия могут отличаться по степени (интенсивности) и характеру влияния. Последний определяется свойствами группового воздействия: независимым или совместным. При групповом воздействии его результат оценивается по наименьшей из оценок влияния компонент группы.

Схема примитивных 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). Оценка взаимодействия представляется в балльной шкале. Значения коэффициентов a_{ij} матрицы 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 используется символ группы влияния.

Поскольку показатели примитивных взаимодействий факторов измеряются экспертным путем (например, путем определения рейтинга или балльной оценки), то предположение о линейности операций над этими показателями не оправдано. Оценки влияния можно рассматривать как значения переменных в многозначной логике. В связи с этим необходимо использовать правила операций дискретного типа, напоминающие логику операций с потоками информации. А именно, принимаются правила, которые можно отнести к правилам многозначной логики, совпадающие с булевой алгеброй при двужаночной логике.

Операции над оценками (компонентами вектора оценок состояния X и матрицы A) следующие: логическая сумма \vee (аналог дизъюнкции, или логической суммы в булевой алгебре), логическое произведение \wedge (аналог конъюнкции, или логического произведения в булевой алгебре).

Могут быть приняты правила операций над оценками взаимодействия, которые можно отнести к правилам многозначной логики, обладающей следующими свойствами:

- последовательное применение в цепочке 2-х операций (логическое умножение операндов) с противоположными по знаку оценками дает отрицательную оценку влияния;
- если связь не входит ни в один цикл, то в результате рефлексии ее оценка должна сохранять свое значение;
- результат параллельного действия связей (логическая сумма операндов) с одной и той же оценкой должен иметь ту же оценку;
- при двужаночной логике операции многозначной логики совпадают с операциями булевой алгебры.

Результат независимого примитивного воздействия представляется формулой логического умножения

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

Результат совместного взаимно дополнительного воздействия группы факторов g на фактор i , когда для результата требуется воздействие всех факторов группы, представляется формулой

$$y_{ig} = \min_j \{|y_{ij}|\} \text{ sign}\left(\prod_j y_{ij}\right), \quad j \in g.$$

Суммарный результат комплиментарного (взаимокомпенсирующего) воздействия факторов j и k на фактор i , когда для результата достаточно любого из действующих факторов, представляется формулой логической суммы

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

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

Будем считать, что номенклатура компонент векторов x и y совпадают (матрица A квадратная). Тогда итеративное применение операции (1) отражает изменение состояния в модельном времени. Нетрудно видеть, что при достаточном числе итераций может реализоваться либо сходимость вектора состояния к равновесному значению, либо осциллирующий процесс. Итеративный процесс, использующий преобразование (1), может либо сходиться к вектору оценки состояния с учетом полного набора воздействий, либо порождать циклическую последовательность. В последнем случае можно оценить границы изменения оценок факторов.

Для расчета транзитивного замыкания оценок взаимодействия можно использовать итеративную процедуру, использующую операцию (1) при замене Δy на Δx , применительно к каждому вектору из набора

$$(a_{\max}, 0, \dots, 0), (0, a_{\max}, 0, \dots, 0), \dots, (0, 0, \dots, a_{\max}).$$

Если процесс итераций сходится, результирующие векторы образуют столбцы матрицы B полных взаимодействий (транзитивного замыкания первичных оценок). Если процесс итераций не сходится, ввиду конечности значений компонент вектора оценок, результирующий вектор может циклически пробегать некоторый набор состояний. В этом случае

можно определять граничные значения компонент вектора состояний.

Если на данный фактор действуют несколько других факторов, то их совместный эффект может определяться различными способами, в зависимости от того, являются эти факторы взаимодополняющими или взаимокомпенсирующими. Параллельное применение операций, воздействующих на какой-либо фактор, может оцениваться по правилам свертки, например, по правилам, применяемым в методе комплексного оценивания [6]. В случае, когда факторы компенсируют друг друга, результат определяется по принципу *доминирования*: результат равен максимальной по абсолютной величине оценке факторов-аргументов

$$a_{ik} \vee a_{jk} = \min(a_{\max}, \max(|a_{ik}|, |a_{jk}|)) \operatorname{sign}(a_{ik} + a_{jk}).$$

В случае, когда факторы, действующие параллельно, являются дополнительными, результат определяется минимальной по абсолютной величине оценке факторов-аргументов

$$a_{ik} \vee a_{jk} = \min(a_{\max}, \min(|a_{ik}|, |a_{jk}|)) \operatorname{sign}(a_{ik} + a_{jk}).$$

При выполнении алгоритмов с рассмотренными наборами операций над оценками взаимодействия исходный набор оценок может распространиться на взаимодействия всех пар факторов. Кроме того, может произойти замена части исходных показателей на значения, большие по абсолютной величине.

Варьируя исходные оценки, можно определить степень их участия в формировании полной картины влияний факторов. Кроме того, анализируя результат алгоритма, можно определить противоречивость исходных оценок. Исходная оценка является противоречивой (избыточной), если в результате рефлексий она замещается другой оценкой.

Верификация модели (выбор или уточнение значений коэффициентов матрицы, проводимое с участием эксперта) проводится исходя из требования, чтобы эффект воздействия фак-

торов денежно-финансовой политики на контролируемые факторы в целом соответствовал зависимостям, основанным на статистических данных, а также ожиданиям эксперта. Например, чтобы управляющие воздействия давали положительный результат – приводили к повышению показателей контролируемых факторов (соответствующие коэффициенты влияния имели нужное значение или знак).

Для верификации модели могут использоваться следующие процедуры:

- анализ чувствительности оценки конкретной системной связи к задаваемым вариациям оценок примитивных связей;

- поиск связей, зависящих от конкретной примитивной связи для заданного числа рефлексий;

- поиск примитивных связей, влияющих на данную системную связь за заданное число рефлексий.

Верификацию можно рассматривать как решение обратной задачи, когда по оценкам наблюдаемых зависимостей восстанавливаются оценки примитивных зависимостей, которые затем могут использоваться для расчета изменения равновесных оценок состояния системы в ответ на управляющие воздействия.

2. Автономизация и кооперация экономической системы с внешним окружением

Рассматривается экспертная модель экономической системы, взаимодействующей с внешним миром. С ее помощью исследуются условия устойчивого развития системы с акцентом на факторы ее взаимодействия с внешней средой.

Приведенное исследование режимов долгосрочного развития с помощью экспертной модели экономической системы можно интерпретировать в терминах исследования возможных путей структурных преобразований экономики при выходе из режима спада, как в условиях глобализации управления, так и в условиях автономного развития.

Рассмотрим экспертные предположения и их формализованную запись с конкретизацией оценок взаимовлияния факторов.

Режим автономного развития реализуется при схеме взаимовлияний факторов, имеющей ряд отличий от схемы роста в условиях глобализации. Схема автономного развития, полученная с помощью процедур верификации, представлена в табл. 1, где подчеркнуты элементы, различающиеся от элементов схемы глобализации.

Схема автономного развития взята за основу для анализа и долгосрочного прогнозирования последствий структурных изменений.

3. Прогнозные оценки на основе экспертной модели автономного развития страны

Результаты расчета транзитивного замыкания варианта влияний для схемы автономного развития представлены в следующей таблице (табл. 2).

Этот режим характеризуется устойчивым ростом факторов: *Импорт, Оборотные средства, Основные средства, Локализация управления, НТП, Техногенные риски, Экспорт, Разделение труда, Внешние интересы.*

Нулевую тенденцию к росту имеют факторы: *Экономические риски, Глобализация управления, Эффект масштабирования.*

Таким образом, полученный режим может характеризоваться как рост в условиях локализации управления хозяйственной деятельностью.

Условия обратного перехода автономно развивающейся системы в режим спада определены путем вариации коэффициентов схемы и заключаются в следующем.

Общее условие – увеличение коэффициента влияния фактора *Техногенные риски на фактор Основные средства* с -3 до -1 .

Ниже дан полный перечень условий, любое из которых приводит к спаду.

- Увеличение коэффициента влияния фактора *Экономические риски на фактор Оборотные средства* с -5 до -3 .

- Увеличение коэффициента влияния фактора *Основные средства на фактор Техногенные риски* с 3 до 5 .

- Увеличение коэффициента влияния фактора *Локализация управления на фактор Экономические риски* с -5 до -3 .

Таким образом, достаточное условие перехода автономно развивающейся системы из режима спада в режим роста – одновременное выполнение следующего набора требований.

- Уменьшение степени отрицательного влияния фактора *Техногенные риски на фактор Основные средства*

Таблица 1

Схема роста в условиях автономного развития

Схема автономного развития
<i>Импорт</i> = $8(\text{Оборотные средства}) \vee 4(\text{Разделение труда})$
<i>Оборотные средства</i> = $-5(\text{Экономические риски}) \vee 9(\text{Экспорт})$
<i>Основные средства</i> = $2(\text{Оборотные средства}) \vee -4(\text{Техногенные риски})$
<i>Локализация управления</i> = $5(\text{Оборотные средства}) \vee 6(\text{Основные средства}) \vee 4(\text{Глобализация управления}) \vee -3(\text{Разделение труда})$
<i>НТП</i> = $3(\text{Оборотные средства}) \vee 5(\text{Локализация управления})$
<i>Техногенные риски</i> = $3(\text{Основные средства}) \vee -3(\text{Локализация управления}) \vee -5(\text{НТП})$
<i>Экономические риски</i> = $-5(\text{Локализация управления}) \vee -5(\text{НТП}) \vee 8(\text{Техногенные риски}) \vee -5(\text{Эффект масштабирования})$
<i>Внешние интересы</i> = $6(\text{Импорт}) \vee -4(\text{Локализация управления}) \vee 4(\text{НТП}) \vee 5(\text{Экспорт}) \vee 7(\text{Эффект масштабирования})$
<i>Экспорт</i> = $4(\text{Внешние интересы}) \vee 3(\text{Разделение труда})$
<i>Глобализация управления</i> = $-6(\text{Локализация управления}) \vee 8(\text{Внешние интересы})$
<i>Эффект масштабирования</i> = $-5(\text{Локализация управления}) \vee 5(\text{Глобализация управления})$
<i>Разделение труда</i> = $-3(\text{Локализация управления}) \vee 7(\text{Глобализация управления})$

Результат расчета транзитивного замыкания влияний для схемы режима автономного развития.

Факторы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Импорт	5	8	5	5	5	-5	-5	5	8	5	5	4
2. Оборотные средства	5	5	5	5	5	-5	-5	5	9	5	5	4
3. Основные средства	4	4	4	4	4	-4	-4	4	4	4	4	4
4. Локализация управления	5	5	6	5	5	-5	-5	5	5	5	5	4
5. НТП	5	5	5	5	5	-5	-5	5	5	5	5	4
6. Техногенные риски	-5	-5	-5	-5	-5	5	5	-5	-5	-5	-5	-4
7. Экономические риски	-5	-5; 0	-5; 0	-5; 0	-5; 0	8	0	-5	-5	-5	-5	-4
8. Внешние интересы	6	6	-5; 0	-5; 0	5; 0	-5; 0	-5; 0	5	6	5	7	4
9. Экспорт	4	4	-4	-4	4	-4	-4	4	4	4	4	4
10. Глобализация управления	6	6	-6	-6	-5; 0	5; 0	5; 0	8	6	0	7	4; 0
11. Эффект масштабирования	5; 0	-5; 0	-5	-5	-5	5	5	5; 0	0	5; 0	0	4; 0
12. Разделение труда	6	6	-6	-6	-5	5	5	8	6	9	7	4

• Увеличение степени отрицательно-го влияния фактора Экономические риски на фактор Оборотные средства.

• Уменьшение коэффициента влияния фактора Основные средства на фактор Техногенные риски.

• Увеличение степени отрицательного влияния фактора Локализация

управления на фактор Экономические риски.

Нетрудно видеть, что перечисленные условия образуют замкнутую цепочку зависимостей, что обуславливает положительную обратную связь и устойчивый характер позитивного эффекта.

Библиографический список

1. Гугнин В.К., Исаева Н.А. Межбанковский кредитный рынок России. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 286 с.
2. Антипов В.И., Пашенко Ф.Ф. Экспериментальный прогноз ВВП // Проблемный анализ и государственно- управленческое проектирование. – М., 2011. – Вып. № 1, Т. 4. – С. 52–67.
3. Гусев В.Б., Исаева Н.А. Метод рефлексивного оценивания взаимодействия факторов денежно-кредитной политики // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10, ч. 9. – С. 2005–2009.
4. Саати Томас Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети: пер. с англ.; науч. ред. А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – 2-е изд. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 360 с.
5. Гусев В.Б., Исаева Н.А. Экспертный анализ системного эффекта от взаимовлияний факторов кредитно-денежной политики для поддержки принятия решений на основе рефлексивных процедур линейного оценивания и логического вывода // Проблемы управления. – 2014. – № 6. – С. 59–67.
6. Гусев В.Б., Павельев В.В. Использование непрерывных шкал при оценивании и принятии решений в сложных проблемных ситуациях: научное издание. – М.: ИПУ РАН, 2013. – 118 с.