

## Экономико-математическое моделирование

УДК 002.53+004.65+004.62/. 63+338.2

### МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ И УТОЧНЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ СВЯЗЕЙ КОГНИТИВНЫХ КАРТ НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА ВЗАИМОСВЯЗИ ОБЪЕМОВ ФИНАНСИРОВАНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПАТЕНТНОЙ АКТИВНОСТИ

**Р. А. ФАЙЗРАХМАНОВ,**

доктор экономических наук, профессор,  
заведующий кафедрой информационных технологий  
и автоматизированных систем  
E-mail: fayzrakhmanov@gmail.com

**Л. А. МЫЛЬНИКОВ,**

кандидат технических наук,  
доцент кафедры  
микропроцессорных средств автоматизации  
E-mail: leonid@pstu.ru

**Р. Х. АЛКДИРОУ,**

аспирант кафедры  
микропроцессорных средств автоматизации  
E-mail: radvan10@yandex.ru

**А. А. СУСЛОВА,**

магистрант электротехнического факультета  
E-mail: suslovaanastasia@gmail.com  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

В статье описывается методика, позволяющая уточнять значения связей когнитивных карт, используемых для прогнозирования различных факторов в экономических и социально-экономических системах для учета глобальных тенденций и повышения точности прогнозов на отдаленных во времени периодах. Методика основывается на

нахождении аналитических зависимостей для получения значений коэффициентов связей между узлами когнитивной карты и экстраполяции изменения их значений методом регрессионного анализа.

**Ключевые слова:** значение, узел, инновация, прогноз, фактор, экстраполяция, весовой коэффициент, регрессионный анализ, когнитивная карта.

## Введение

В процессе принятия решений в области управления наукой возникает необходимость оценки тенденций ее развития и практического использования получаемых результатов.

На макроуровне – это вопросы финансирования науки и техники. Несмотря на разные подходы к финансированию в разных странах, в настоящее время наблюдается устойчивый тренд к росту расходов на современные научные исследования и разработки. Отличия заключаются в выборе поддерживаемых направлений. Этот рост в странах-лидерах опережает рост экономики (по данным отчета за 2011 г., опубликованного Национальным научным фондом США (NSF Science & Engineering Indicators 2012)). Такой взгляд соответствует тенденции к превращению в продукты результатов научных исследований, устремлению государств к созданию инновационной экономики.

На микроуровне это выражается в том, что любое исследование начинается с обзора существующих решений, в результате чего выбираются наиболее перспективные подходы, которые видятся реализуемыми применительно к рассматриваемой проблеме.

Тематике развития идей научно-технического прогнозирования посвящено множество исследований и публикаций. Среди работ, затрагивающих вопросы прогнозирования для оценки перспективности идей, известны такие, как прогнозирование научно-исследовательской активности, востребованности технологий, географического распространения, финансовой поддержки и т. д. [20]. Для осуществления раскрытия этих вопросов прогнозов используют статистические данные из патентных, реферативных и др. баз данных.

Другой вид прогнозирования, который применяют, – это прогнозирование параметров отдельных проектов [7]. Следует отметить, что подходы к прогнозированию инновационных проектов развиваются несколькими путями [6]:

- подходы, основанные на экспертных оценках;
- подходы, выявляющие тенденции и правила (например [2]);
- прогнозирование обобщенных показателей конкретного проекта на основе инновационной или S-образной кривой (например [18, 19]);
- прогнозирование развития отдельных параметров проекта с использованием кривых (например [1, 7]).

Для анализа внешнего окружения [6] широко используют модель анализа внешней среды *PEST* (*policy* – политика, *economy* – экономика, *society* – общество, *technology* – технология). Выделяют четыре основные группы факторов, посредством которых анализируется политический, экономический, социокультурный и технологический аспекты внешней среды вокруг исследуемого предмета или объекта.

Интерес представляет методология структуризации знаний экспертов в виде так называемого поля знаний [4] – объектно-структурный подход структуризации знаний, согласно которому анализ и представление знаний осуществляются в стратегическом, организационном, концептуальном, функциональном, пространственном, временном, каузальном и экономическом аспектах (стратах).

Активно развиваются методы, основанные на представлении взаимосвязей между оцениваемыми факторами в виде графа. Такой подход будет отражать не только перечень информации (факторов), но и информацию о структуре задачи. Представление в таком виде становится возможным потому, что в отличие от сетевого графика связи между вершинами не обязательно отражают отношения предшествования, а лишь выражают возможные сочетания показателей этапов проекта, а моделирование позволяет определить круг возможных решений, основываясь на структуризации задачи и анализе взаимосвязей между параметрами и компонентами модели [3].

Любое изменение значения параметра инновационного проекта будет оказывать влияние на другие параметры этого проекта. Таким образом, учитывая это влияние, можно повысить точность прогнозов, а также при принятии решения об изменении одного из значений параметров для положительного изменения состояния проекта учесть возможные последствия для других характеристик проекта.

Учет этих взаимовлияний значительно усложняет задачу. Так как сами параметры по отдельности являются сложно измеримыми, для определения их значений могут использоваться разные виды прогноза, они могут содержать ошибку. Существует отдельный класс систем («мягкие» системы) изучающий такие взаимосвязанные и слабо определенные системы. Применение такого подхода позволяет снизить неопределенность при принятии решений.

# Методика прогнозирования в «мягких» системах с использованием когнитивных карт

Для анализа «мягких» систем П. Чекладом [17] была предложена методология «мягкого» системного анализа, представляющая собой системно ориентированное руководство, помогающее аналитику справиться с анализом сложной ситуации. Эта методология является системно организованным процессом исследования плохо определенной системы, включающим в себя ряд последовательно выполняемых этапов, позволяющих получить так называемую когнитивную карту.

Когнитивная карта ( $O, W$ ) определяется множеством вершин – факторов  $O$ , и множеством связей и их весов – матрицей смежности ориентированного графа  $W = |w_{ij}|$ . Поэтому первоочередная задача – это определение набора показателей и их взаимовлияния друг на друга.

Известно, что на динамику изменения тенденций и развития отдельных проектов влияют внешние факторы, приведенные в табл. 1.

Для учета взаимосвязи между факторами будем использовать подход на основе когнитивных карт. Тогда показатели будут узлами когнитивной карты, а степень их взаимовлияния будет учитываться через связи (рис. 1). При этом при проверке на статистических данных коэффициенты связей будут показывать степень корреляции различных параметров, что позволяет первоначально связать все узлы и определить те из них, которые оказывают наибольшее

Таблица 1

Индикаторы жизненного цикла технологий [20]

Фактор	Показатель
Научно-исследовательская активность: фундаментальные исследования; прикладные исследования	Степень престижности российских журналов SJR (на основе данных SCOPUS)* $O_6$
Поддержка технологий	Объем финансирования Российского гуманитарного научного фонда (РГНФ) из средств федерального бюджета $O_4$ , млн руб. [5]. Общий объем финансирования науки из средств федерального бюджета $O_5$ , млн руб. [8–15]
Количество разработок (приложения)	Количество заявок на выдачу патента в России $O_1$ [8–15]. Количество заявок на выдачу патента в России, поданных российскими заявителями $O_2$ [8–15]. Количество заявок на выдачу патента в России, поданных иностранными заявителями $O_8$ [8–15]. Количество заявок на выдачу патентов в США $O_7$ [21]
Разработанность технологии	Количество заявок, поданных на конкурсы РГНФ $O_3$ [5]

\* SNIP (SCImago Journal Rank) – степень престижности журнала. При расчете во внимание принимаются предметная область, качество и репутация журнала, а также производится нормализация, которая учитывает различия в цитировании между разными предметными областями.

и наименьшее влияние друг на друга, и тем самым убрать из рассмотрения большинство из них, сократив размерность задачи.

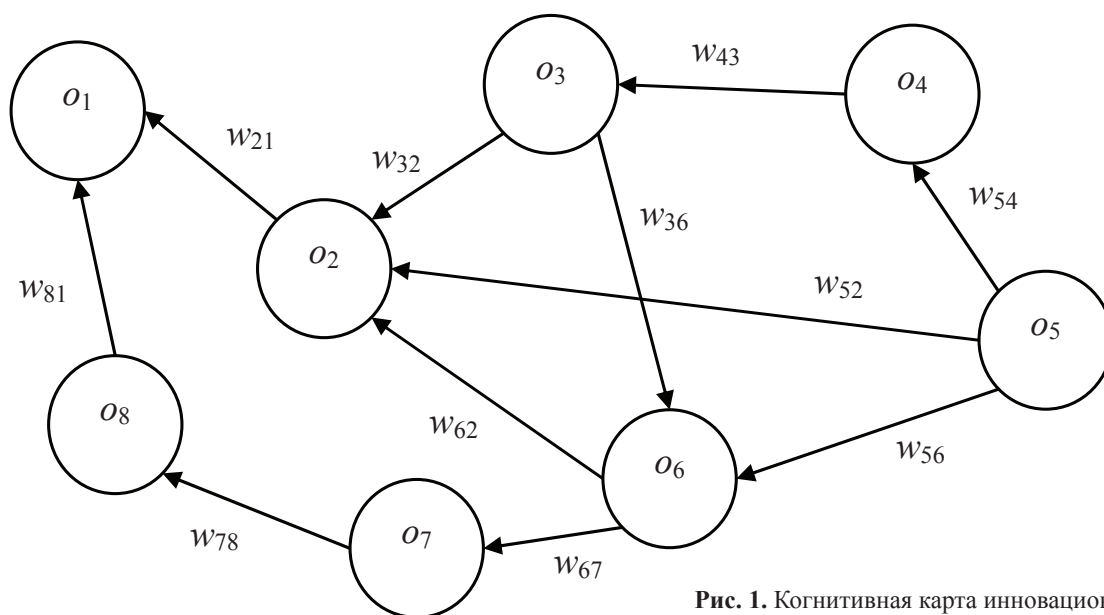


Рис. 1. Когнитивная карта инновационной активности

Таблица 2

Набор статистических данных с 2004 по 2011 г.

Показатель	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
$O_1$	42 593	45 644	51 775	54 337	57 555	53 457	58 759	58 852
$O_2$	33 954	35 242	39 776	39 835	40 551	38 298	42 460	40 992
$O_3$	5 137	5 683	7 783	6 841	7 500	8 395	9 313	9 349
$O_4$	594	605	717	890	1 100	1 164	1 000	1 000
$O_5$	47 478	76 909,3	97 363,2	132 703	162 116	219 058	237 657	313 899
$O_6$	0,152	0,164	0,1705	0,18925	0,19975	0,21475	0,21375	0,2505
$O_7$	84 270	74 637	89 823	79 526	77 502	82 382	107 792	108 626
$O_8$	8 639	10 302	11 999	14 502	17 004	15 159	16 299	17 860

Для использования в расчетах полученной когнитивной карты необходимо определить значения весовых коэффициентов  $w_{ij}$  и выбрать алгоритм расчета новых значений факторов.

Статистические данные, используемые для построения модели инновационной активности по всем факторам, приведены в табл. 2.

Показатели описываются величинами разной размерности (финансирование НИР – млн руб., а индекс цитирования – безразмерной величиной в долях единицы). Чтобы оперировать величинами одинаковых порядков, необходимо провести нормализацию значений  $O_i(t)$  на диапазон от 0 до 1.

Для нормализации применим следующую формулу:

$$x_{\text{норм}} = \frac{(x - x_{\min})(d_2 - d_1)}{x_{\max} - x_{\min}} + d_1,$$

где  $x$  – значение, подлежащее нормализации;

$[x_{\min}, x_{\max}]$  – интервал значений  $x$ ;

$[d_1, d_2]$  – интервал, к которому будет приведено значение  $x$ .

Для минимизации накопления ошибок узлы когнитивной карты можно рассматривать как нейроны в нейронных сетях, тогда рекуррентная формула для рассчитываемых значений узлов будет выглядеть следующим образом:

$$o_i(t) = \frac{1}{1 + \exp \left[ - \sum_j w_{ij} o_j(t-1) \right]}. \quad (1)$$

Чтобы определить значения весов  $w_{ij}$  для когнитивной карты на основе имеющихся статистических данных (см. табл. 2), выразим их из формулы (1):

$$\sum_j w_{ij} o_j(t-1) = -\ln \left[ \frac{1 - o_i(t)}{o_i(t)} \right].$$

Если записать уравнения для узлов, то в каждом из них будет три неизвестных. Тогда запишем уравнение для разных моментов времени  $(t \text{ и } t-1)$ ,

$(t-1 \text{ и } t-2)$  и  $(t-2 \text{ и } t-3)$ . Получим систему из 11 уравнений для 11 неизвестных:

$$\begin{cases} w_{12}o_2(t-1) + w_{18}o_8(t-1) = -\ln \left[ \frac{1-o_1(t)}{o_1(t)} \right] \\ w_{12}o_2(t-2) + w_{18}o_8(t-2) = -\ln \left[ \frac{1-o_1(t-1)}{o_1(t-1)} \right] \\ w_{23}o_3(t-1) + w_{25}o_5(t-1) + w_{26}o_6(t-1) = -\ln \left[ \frac{1-o_2(t)}{o_2(t)} \right] \\ w_{23}o_3(t-2) + w_{25}o_5(t-2) + w_{26}o_6(t-2) = -\ln \left[ \frac{1-o_2(t-1)}{o_2(t-1)} \right] \\ w_{23}o_3(t-3) + w_{25}o_5(t-3) + w_{26}o_6(t-3) = -\ln \left[ \frac{1-o_2(t-2)}{o_2(t-2)} \right] \\ w_{34}o_4(t-3) = -\ln \left[ \frac{1-o_3(t)}{o_3(t)} \right] \\ w_{45}o_5(t-3) = -\ln \left[ \frac{1-o_4(t)}{o_4(t)} \right] \\ w_{52}o_2(t-1) = -\ln \left[ \frac{1-o_5(t)}{o_5(t)} \right] \\ w_{63}o_3(t-1) + w_{65}o_5(t-1) = -\ln \left[ \frac{1-o_6(t)}{o_6(t)} \right] \\ w_{63}o_3(t-2) + w_{65}o_5(t-2) = -\ln \left[ \frac{1-o_6(t-1)}{o_6(t-1)} \right] \\ w_{76}o_6(t-1) = -\ln \left[ \frac{1-o_7(t)}{o_7(t)} \right] \\ w_{87}o_7(t-1) = -\ln \left[ \frac{1-o_8(t)}{o_8(t)} \right] \end{cases}$$

Для решения системы уравнений можно воспользоваться методом Гаусса. Полученные значения весов для четырех итераций приведены в табл. 3.

Значения весовых коэффициентов связей изменяются (см. табл. 3), следовательно, при построении



Таблица 3

Вычисленные значения весов  $w_{ij}$

Год	Номер итерации	$w_{12}$	$w_{18}$	$w_{23}$	$w_{25}$	$w_{26}$	$w_{34}$	$w_{45}$	$w_{52}$	$w_{63}$	$w_{65}$	$w_{76}$	$w_{87}$
2008	1	-3,1811	5,4863	-1,611	5,3875	0,6453	-0,1186	0,1884	-1,4977	5,9433	-15,8809	-0,1052	0,3005
2009	2	-0,456	1,6865	-0,047	-0,269	1,31	0,2737	1,8885	-1,03	-0,397	1,1362	-0,194	1,132
2010	3	3,1798	-2,514	-1,292	-3,32	4,2226	0,6346	2,0132	-0,219	-2,183	4,2272	0,0421	0,557
2011	4	9,0855	-8,438	-36,86	11,817	30,206	1,0224	0,6298	0,0315	0,9034	-0,567	1,1727	0,8714

прогнозов требуется корректировка их значений в предложенной когнитивной карте.

### Методика уточнения значений коэффициентов связей когнитивных карт с помощью регрессионного анализа

При управлении процессом научных исследований и разработок следует учитывать, что состояние научных исследований не является статическим процессом, и для успешного создания инноваций необходим постоянный мониторинг научной деятельности. Учитывая изменение значений коэффициентов во времени для построения прогнозов более удаленных во времени, чем один шаг расчета когнитивной карты, можно рассматривать динамику изменений параметров во времени и экстраполировать ее на более удаленные периоды.

Предложенная модель на основе когнитивной карты позволяет получить прогноз на один шаг вперед, так как при прогнозировании на дальнейшие периоды не произойдет необходимая корректировка коэффициентов по причине недостатка статистических данных. Можно предположить, что изменения весовых коэффициентов описывается некоторым законом. Зная закон изменения, можно экстраполировать значения весовых коэффициентов и получить прогноз на перспективу, более удаленную во времени, чем один шаг когнитивной карты.

Предположим, что изменения весовых коэффициентов могут быть описаны линейной регрессионной моделью  $y = a + bx$ .

В целях проверки для каждого весового коэффициента построим модель на основе трех предыдущих итераций и спрогнозируем значение на четвертой итерации. Затем построим модель на основе четырех предыдущих итераций и спрогнозируем значение на пятой итерации. Фактические значения коэффициентов, регрессионные модели, построенные на основе трех и четырех предыдущих итераций, а также предсказанные значения представлены на рис. 2.

Об адекватности таких моделей можно судить, определив размер ошибки (погрешности).

Анализ моделей (см. рис. 2) показывает, что при появлении новых статистических данных модели значения весовых коэффициентов уточняются. При этом не все значения коэффициентов удается описать линейной регрессионной моделью. Для некоторых из них приходится усложнять гипотезу до многочлена третьей степени.

Об адекватности построенных моделей можно судить, определив размер ошибки (погрешности). Обозначим:  $Y_{\text{э}}$  – экспериментальная функция,  $Y_{\text{т}}$  – теоретическая функция,  $n$  – количество экспериментальных точек. Если в интервал  $(Y_{\text{т}} - \sigma \leq Y_{\text{э}} \leq Y_{\text{т}} + \sigma)$  попадает 68 % точек и более, то выдвинутая гипотеза принимается. В противном случае выдвигается более сложная гипотеза. Значение  $\sigma$  находится по формуле

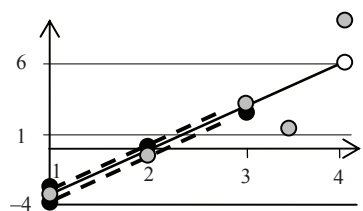
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{\text{т}} - Y_i^{\text{э}})^2}{n}}.$$

Построенные линейные регрессионные модели по трем и четырем точкам являются адекватными вычисленным значениям весовых коэффициентов, так как для каждой из моделей ошибка больше 68 %. Следовательно, эти модели можно использовать для получения прогноза на несколько шагов вперед.

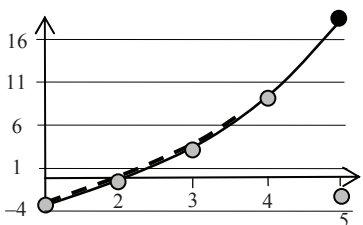
Таким образом, динамическая когнитивная карта может использоваться в качестве информационной поддержки при принятии решений и для проведения анализа сфер применения рассматриваемой технологии, а также ее географического распространения (табл. 4).

Приведенные расчеты выявляют несколько особенностей, связанных с вычислением значений коэффициентов связей когнитивной карты методом регрессии (некоторые значения весовых коэффициентов и факторов отличаются от других значений ряда, например, см. рис. 2, *г*, *е*, *з*, *и*).

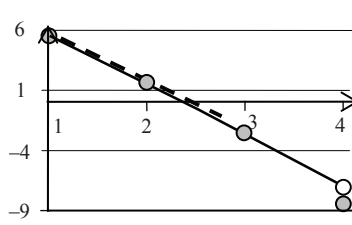
Во-первых, это малое количество статистических данных оказывает существенное влияние на



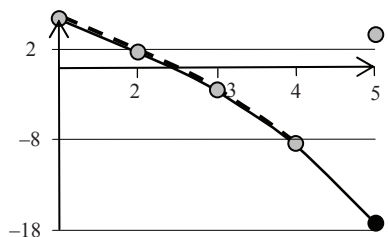
a



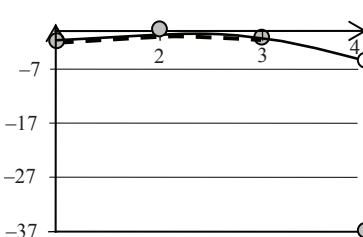
б



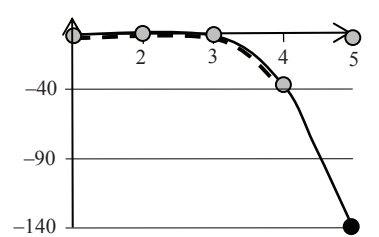
в



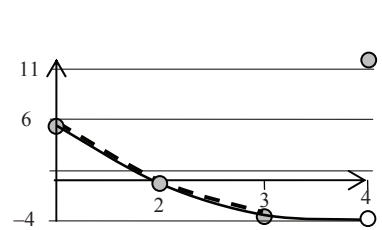
г



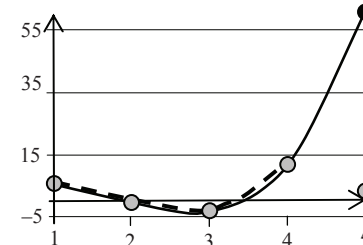
д



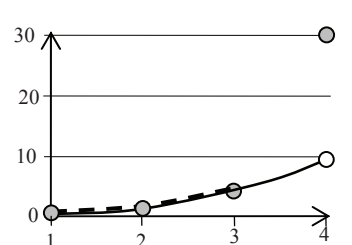
е



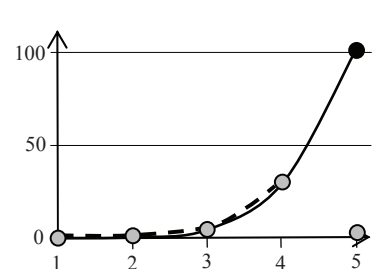
ж



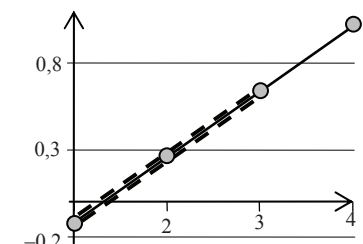
з



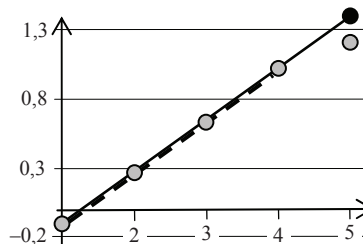
и



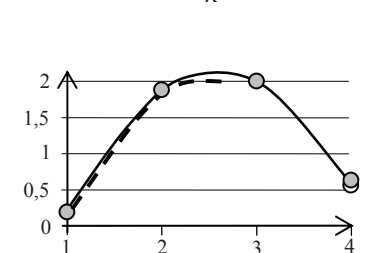
к



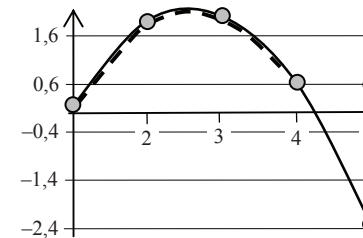
л



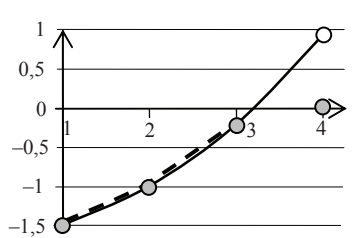
м



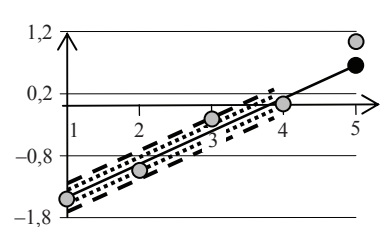
н



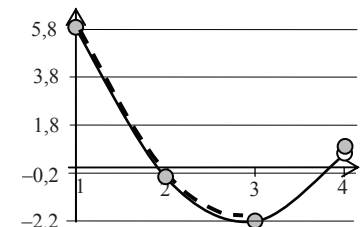
о



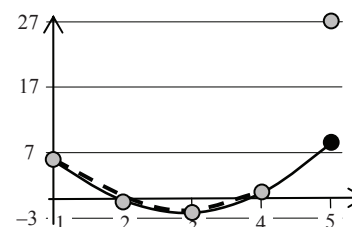
п



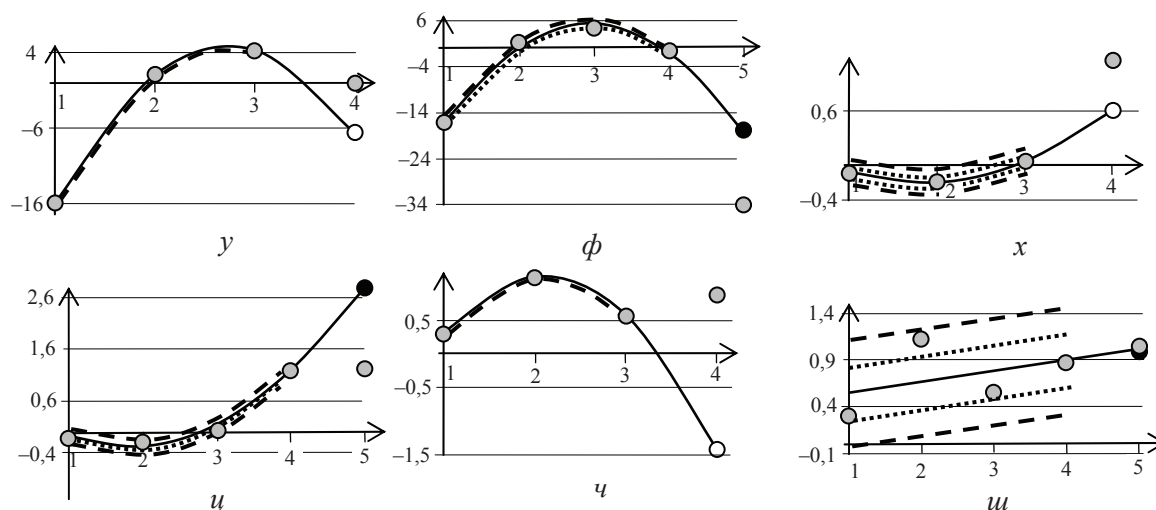
р



с



т



- Значения весовых коэффициентов  $w_{ij}$ , вычисленные аналитическим способом
- Значения весовых коэффициентов  $w_{ij}$ , спрогнозированные по регрессионной модели, построенной на основе значений трех предыдущих итераций
- ◐ Значения весовых коэффициентов  $w_{ij}$ , спрогнозированные по регрессионной модели, построенной на основе значений четырех предыдущих итераций

- Регрессионная модель
- ..... Интервал  $[Y_{T-y}; Y_{T+y}]$  для регрессионной модели
- - - Интервал  $[Y_{T-2y}; Y_{T+2y}]$  для регрессионной модели

Рис. 2. Регрессионные модели весовых коэффициентов когнитивной карты  $w_{ij}$  (изменение значений и регрессионная модель коэффициентов):

$a - w_{12}$  на основе трех итераций;  $b - w_{12}$  на основе четырех итераций;  $в - w_{18}$  на основе трех итераций;  $г - w_{18}$  на основе четырех итераций;  $d - w_{23}$  на основе трех итераций;  $e - w_{23}$  на основе четырех итераций;  $жс - w_{25}$  на основе трех итераций;  $з - w_{25}$  на основе четырех итераций;  $и - w_{26}$  на основе трех итераций;  $к - w_{26}$  на основе четырех итераций;  $л - w_{34}$  на основе трех итераций;  $м - w_{34}$  на основе четырех итераций;  $н - w_{45}$  на основе трех итераций;  $о - w_{45}$  на основе четырех итераций;  $п - w_{52}$  на основе трех итераций;  $p - w_{52}$  на основе четырех итераций;  $с - w_{63}$  на основе трех итераций;  $т - w_{63}$  на основе четырех итераций;  $y - w_{65}$  на основе трех итераций;  $φ - w_{65}$  на основе четырех итераций;  $x - w_{76}$  на основе трех итераций;  $ψ - w_{76}$  на основе четырех итераций;  $χ - w_{87}$  на основе трех итераций;  $ш - w_{87}$  на основе четырех итераций

Таблица 4

Фактические и прогнозные значения факторов  $O_p$  полученные аналитическим способом и с помощью регрессионной модели за 2011–2012 гг.

Фактор $O_i$	Фактическое значение в 2011	Аналитический способ		Регрессионная модель	
		2011	2012	2011	2012
$O_1$	0,6667	0,7157	0,7236	0,4537	0,6101
$O_2$	0,6436	0,2086	0,7961	0,4732	1
$O_3$	0,6667	0,6424	0,6667	0,5908	0,69
$O_4$	0,5727	0,5788	0,5956	0,5721	0,1766
$O_5$	0,6667	0,5053	0,6613	0,652	0,6065
$O_6$	0,6667	0,5779	0,0088	0,0497	0,0022
$O_7$	0,6667	0,6608	0,6926	0,5849	0,8641
$O_8$	0,6667	0,6403	0,6679	0,2809	0,6609

математическое описание даже при незначительном изменении значений. Таким образом, может учитываться локальный характер изменений, а не глобальные тенденции. Увеличение количества данных или отсеивание «зашумленных» данных (выбросов значений) решает эту проблему.

Во-вторых, при расчете значений аналитическим способом модель учитывает большое количество влияющих друг на друга факторов, и ошибки вычислений, связанные с округлением значений или погрешности в сборе статистики при вычислении коэффициентов, могут накапливаться.

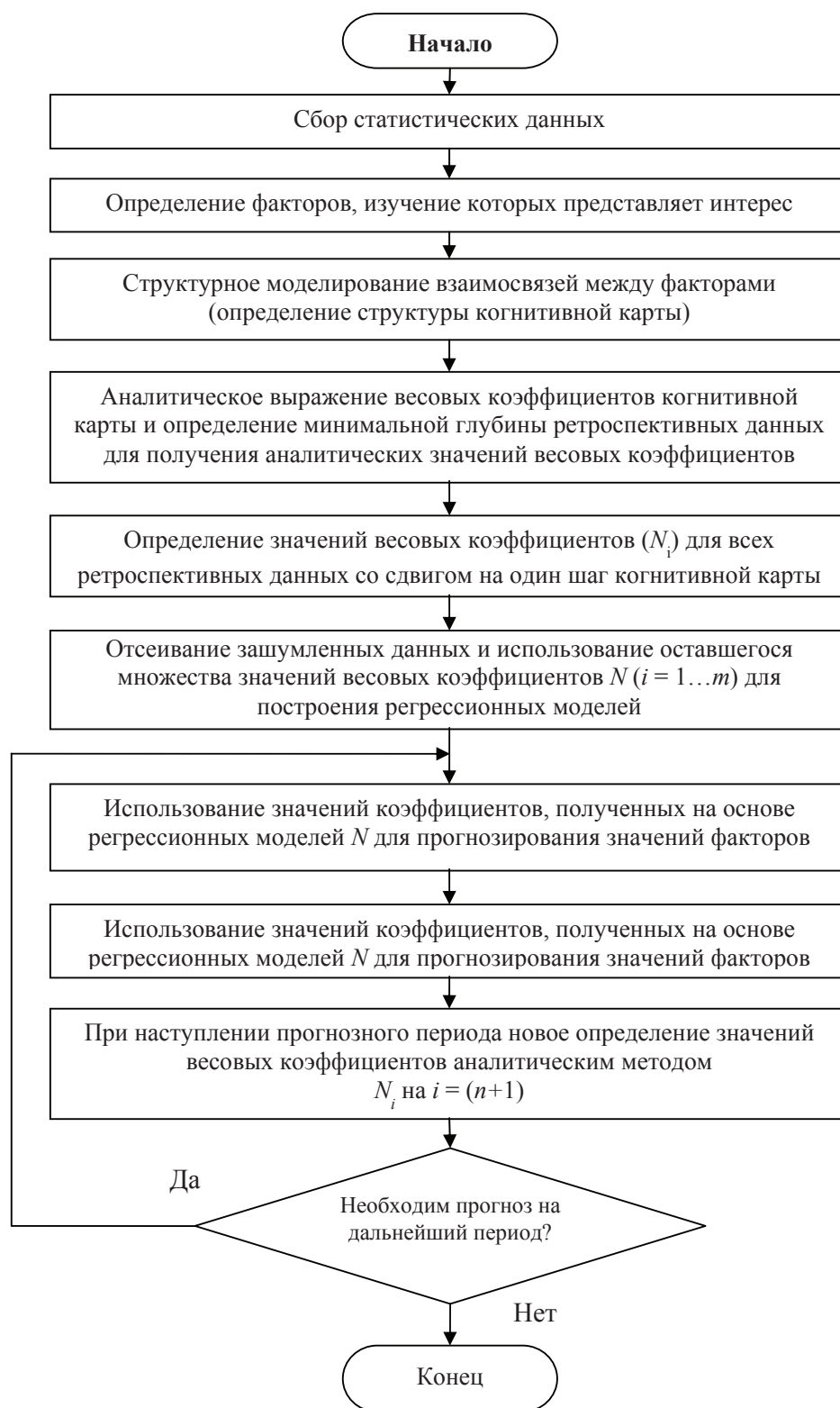


Рис. 3. Алгоритм определения значений весовых коэффициентов

При построении регрессионных моделей используются данные, полученные аналитически, при этом имеется вероятность появления больших слу-

малых статистических выборках.

Таким образом, приведенные рассуждения могут быть формализованы в виде алгоритма (рис. 3).

чайных ошибок обобщения, обусловленная самим методом аналитического вычисления весовых коэффициентов и связанная с возможностью накопления ошибок.

Отсюда возникает задача отсеивания данных, вносящих статистические погрешности. Сделать это можно путем вычисления доверительных интервалов. Для этого, как известно, наши значения при построении экстраполирующей функции должны лежать согласно нормальному закону распределения: 68% точек в интервале  $\sigma$ , 95% – в интервале  $2\sigma$  и 99% – в интервале  $3\sigma$ . Экономические и социально-экономические системы, так же, как и природные, описываются фрактальными закономерностями, что выражается в самоподобии элементов систем. Поэтому у достоверных данных отклонение от предыдущих значений должно попадать в интервал  $\sigma$  при использовании двух последних достоверных значений. Это выражается в том, что достоверными (незашумленными) могут являться значения, не попадающие в допустимый интервал при проверке их на всей статистической выборке. Выявление зашумленных значений позволяет убрать значения, вносящие погрешности при построении регрессионных моделей, и тем самым повысить точность описания на



## Заключение

В статье рассмотрена проблема прогнозирования факторов, характеризующих инновационную активность с учетом их взаимовлияния друг на друга. В результате исследования прогностической модели на основе когнитивной карты была выявлена возможность аналитического определения взаимовлияния выделенных факторов друг на друга (весовых коэффициентов связей когнитивной карты), а также возможность описания изменения этих факторов с использованием методов регрессии. Применение регрессионных моделей позволяет описать законы изменения значений коэффициентов связей и тем самым увеличить интервал времени, для которого осуществляется прогнозирование. В результате удалось сформулировать методику определения и уточнения значений коэффициентов связей когнитивных карт.

Полученная методика может применяться в концептуальном анализе и моделировании сложных и плохо определенных экономических и социально-экономических систем для разработки стратегий управления и механизмов их реализации, разработки программных документов стратегического развития территорий, предприятий, фирм, а также в качестве инструментария для непрерывного мониторинга состояния ситуации, выдвижения и проверки гипотез механизмов развития и механизмов управления ситуацией.

## Список литературы

1. Алкдируу Р.Х., Мыльников Л.А. Прогнозирование перспектив развития параметров инновационных проектов, описываемых S-образной кривой / VII Всероссийская школа-семинар молодых ученых «Управление большими системами»: сбор. тр. Т. 1. Пермь: ПГТУ, 2010. С. 118–123.
2. Альтиуллер Г. Найти идею. Введение в ТРИЗ-теорию решения изобретательских задач. М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. 400 с.
3. Винокур В.М., Мыльников Л.А., Перминова Н.В. Подход к прогнозированию успешности инновационного проекта // Проблемы управления. 2007. № 4. С. 56–59.
4. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб: Питер, 2000.
5. Деятельность Российского гуманитарного научного фонда в 2011 году. URL: <http://topreferat.znate.ru/docs/index-61464.html>.
6. Коврига С.В., Максимов В.И. Когнитивная

технология стратегического управления развитием сложных социально-экономических объектов в нестабильной внешней среде. Когнитивный анализ и управление ситуациями (CASC'2001). Т. 1. М.: ИПУ РАН, 2001. 240 с.

7. Мыльников Л.А., Алкдируу Р.Х. Подход к прогнозированию развития и управления жизненным циклом инвестиционных проектов / Управление большими системами. Вып. 27. М.: ИПУ РАН, 2009. С. 293–307.

8. Российский статистический ежегодник – 2005 г. URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b05\\_13/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b05_13/Main.htm).

9. Российский статистический ежегодник – 2006 г. URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b06\\_13/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b06_13/Main.htm).

10. Российский статистический ежегодник – 2007 г. URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b07\\_13/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b07_13/Main.htm).

11. Российский статистический ежегодник – 2008 г. URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b08\\_13/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b08_13/Main.htm).

12. Российский статистический ежегодник – 2009 г. URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b09\\_13/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b09_13/Main.htm).

13. Российский статистический ежегодник – 2010 г. URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b10\\_13/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b10_13/Main.htm).

14. Российский статистический ежегодник – 2011 г. URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b11\\_13/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b11_13/Main.htm).

15. Российский статистический ежегодник – 2012 г. URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b12\\_13/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b12_13/Main.htm).

16. Armstrong J.S. Principles of Forecasting – A Handbook for Researchers and Practitioners. Kluwer Academic, 2001.

17. Checkland P.B. System Thinking, Systems Practice: Wiley, 1981.

18. Delurgio S.A. Forecasting Principles and Applications. Boston: Irwin McGraw-Hill, 1998.

19. Easingwood C.J., Mahajan V., Muller E.A. Nonuniform Influence Innovation Diffusion Model of New Product Acceptance // Marketing Science. 1983. № 2. P. 273–295.

20. Robert J. Wattse, Alan L. Porter Innovation forecasting // Technological Forecasting and Social Change. Vol. 56. Issue 1. 1997. P. 25–47.

21. U. S. Patent And Trademark Office Patent Technology Monitoring Team Report, 2013.