

ТЕОРИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ И ИСТОРИЯ СОЦИОЛОГИИ

УДК 004.81,004.942

Е. А. Евсеев

НЕЧЕТКАЯ КОГНИТИВНАЯ МОДЕЛЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО КОЛЛЕКТИВА

Санкт-Петербургский государственный университет, Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9

В статье рассматривается модель деятельности научно-исследовательского отдела крупного научно-производственного предприятия (сфера деятельности — морская геологоразведка, коллектив состоит из 223 человек). Модель представляет собой нечеткую когнитивную карту, построенную на основе проведенного прикладного социологического исследования. Концепты нечеткой когнитивной карты отражают основные стороны деятельности коллектива и разделены на 3 группы: личностные, групповые и организационные. В работе обосновывается выбор математической модели и ее параметров. Обсуждаются результаты моделирования при различных значениях параметров модели. Библиогр. 7 назв. Ил. 6.

Ключевые слова: когнитивная модель, нечеткая когнитивная карта, деятельность научно-исследовательского коллектива.

FUZZY COGNITIVE MODEL OF RESEARCH TEAM ACTIVITY

E. A. Evseev

St. Petersburg State University, 7–9, Universitetskaya nab., St. Petersburg, 199034, Russian Federation

A cognitive model of activity of research team is considered. Object of research is a R&D department (223 persons) in a large scientific and industrial enterprise for sea prospecting works. The model (fuzzy cognitive map) that represents the activity of this department is based on the results of applied sociological research. The fuzzy cognitive map containing 14 concepts, divided into 3 groups (Personal, Group and Organizational). The list of concepts, their initial values and weight matrix are based on an assessment of several experts from the studied organization. The behavior of target concepts at various values of parameters of model is studied results testify to the favorable tendencies in department activity. Refs 7. Figs 6.

Keywords: cognitive model, fuzzy cognitive map, research team management.

Введение

Управление научно-исследовательским коллективом, повышение результативности его работы является крайне актуальной практической задачей. К сожалению, разнообразие точек зрения и недостаток строгих теорий делают решение этой задачи очень непростым делом. Проблемы начинаются уже с определения целевых показателей эффективности работы такого коллектива. Использование моделей,

основанных на когнитивных картах, для решения подобных проблем в настоящий момент представляется очень перспективным.

В работе [1] была предпринята попытка построения и анализа когнитивной карты, отражающей деятельность научно-исследовательского отдела, с целью выработки управленческих решений, которые позволили бы улучшить результаты работы отдела. Модель представляет собой классическую когнитивную карту в виде взвешенного орграфа, включающего в себя 14 факторов. Анализ когнитивной карты был проведен в соответствии с логикой структурно-целевого анализа [2] для сформулированных стратегий управления. В результате были найдены предельные значения факторов, установлена согласованность целевых и начальных значений, найдены значения управляющих факторов для достижения фиксированной цели.

Анализ, согласно логике структурно-целевого анализа, был выполнен не для исходной, а для стабилизированной матрицы влияний, что представляет некоторую излишнюю идеализацию реальных процессов в изучаемом объекте. Для получения количественных оценок параметров в ходе исследования использовались приемы, методологически основанные на методах нечеткой математики. Однако построенная модель не учитывала этих особенностей в должной степени.

Таким образом, естественным развитием построенной модели, позволяющим более адекватно отразить особенности изучаемого объекта, является переход к нечеткой когнитивной карте. Предложена соответствующая математическая модель [3].

Структура когнитивной карты

Модель деятельности научно-исследовательского отдела, описанная автором совместно с А. М. Станкевич [1], представляет собой когнитивную карту, построенную на основе информации, полученной в ходе социологического исследования одного из научно-исследовательских отделов государственного унитарного научно-производственного предприятия «Севморгео». Экспертами исследования выступили несколько руководителей различного уровня из изучаемой организации.

В ходе исследования на основании теоретических представлений о деятельности исследовательского коллектива прежде всего был определен список параметров (концептов), характеризующих состояние исследуемого отдела, и список целевых параметров, характеризующих результативность его работы. Для оценки значений концептов в ходе интервью экспертам были предложены содержательные интерпретации концептов — раскрывались структура и смысл соответствующих понятий, предлагалась система индикаторов для оценки значений. На основании этих аналитических конструкций эксперты оценивали степень выраженности характеристик, соответствующих рассматриваемому концепту в деятельности рассматриваемого объекта в 5-балльной лингвистической шкале («слабо»-«умеренно»-«средне»-«явно»-«сильно»). Затем полученные лингвистические оценки каждого эксперта были переведены в числовую шкалу (0-0,25-0,5-0,75-1) и оценки всех экспертов были усреднены с одинаковыми весами — таким образом, значения концептов принадлежат интервалу [0; 1], при этом значение, близкое к 1, соответствует сильной выраженности соответствующих характеристик.

В качестве целевых концептов рассматриваются параметры *Соблюдение сроков* (c_1) и *Качество работы* (c_2). При оценке значений целевых концептов количество,

качество и сроки выполненных заданий соотносились с планами работы отдела. Концепт *Соблюдение сроков* оценивался по отношению количества заданий, выполненных вовремя, к общему количеству работ отдела за рассматриваемый период — значение этого концепта, близкое к 1, соответствует высокой доле заданий, выполненных в установленный срок. Так как отдел выполняет задания различного характера, то значение концепта *Качество работы* представляет собой субъективную оценку экспертов соответствия выполненных заданий установленным для них требованиям — чем больше значение этого концепта, тем выше качество выполняемых отделом заданий.

В качестве концептов, описывающих состояние объекта, рассматриваются следующие параметры, объединенные в три группы:

1) Личностные — *Мотивация сотрудника к труду* (c_3), *Уровень профессионализма сотрудника* (c_4), *Физическое состояние сотрудника* (c_6). Мотивация работников отдела и уровень их профессионализма являются комплексными характеристиками и, в свою очередь, зависят от многих факторов (в том числе и психологического характера), поэтому значения этих концептов оценивались экспертами исходя из их субъективных представлений об идеальном исследовательском отделе — значения, близкие к 1, свидетельствуют о сильной мотивации и высоком уровне профессионализма сотрудников. Уровень физического состояния сотрудников отдела оценивался на основании среднего по отделу процента пропущенных по болезни дней — в этом случае значение, близкое к 1, свидетельствует о хорошем физическом состоянии работников отдела.

2) Групповые — *Уровень технической оснащённости коллектива* (c_8), *Социально-психологический климат в коллективе* (c_5), *Текущая кадры* (c_{14}). Уровень технической оснащённости оценивался экспертами на основании как объективного показателя — доли обеспеченности компьютерной техникой по сравнению с нормативами, так и субъективного показателя — мнения сотрудников о достаточности обеспечения отдела компьютерной техникой (большое значение этого концепта свидетельствует о высоком уровне технической оснащённости). Оценка социально-психологического климата в отделе проводилась экспертами субъективно на основании оценки как личностных, так и деловых взаимоотношений в коллективе, причем высокая оценка соответствовала хорошему состоянию социально-психологического климата. Для оценки текущей кадры в отделе вычисленные коэффициенты текущей кадры сравнивались с эмпирически рекомендуемыми значениями (3–5%). Таким образом, значения этого концепта, близкие к 1, свидетельствуют о значительной текущей кадры в коллективе (значительном превышении коэффициентов текущей кадры рекомендуемых значений), а значения, близкие к 0, — о практическом отсутствии текущей кадры.

3) Организационные — *Физические условия труда* (c_7), *Организационная культура* (c_9), *Административные методы управления* (c_{10}), *Социально-психологические методы управления* (c_{11}), *Экономические методы управления* (c_{12}), *Уровень развитости коммуникаций* (c_{13}). Физические условия труда в отделе оценивались путем сопоставления наблюдаемых показателей (температура, влажность, шум и т.п.) действующим санитарным нормам — большое значение этого концепта соответствует хорошим физическим условиям труда в отделе. Значение концепта *Организационная культура* определялось экспертами на основе результатов исследования по методи-

ке OSAI и представляет собой оценку силы и сплоченности преобладающего типа организационной культуры в отделе. Оценка значений концептов, связанных с методами управления, представляет собой субъективную оценку экспертами степени выраженности этих методов в деятельности отдела на основе предложенных им индикаторов, характеризующих каждый из методов управления. Уровень развитости коммуникаций оценивался экспертами также субъективно: для формирования оценки им были предложены описания и особенности различных типов коммуникации в организации (раскрывался смысл понятия «коммуникация», приводились различные формы коммуникации в коллективе, ее возможная интенсивность), таким образом, большое значение этого концепта свидетельствует о высоком уровне коммуникаций (как формальных, так и неформальных) в коллективе.

При проведении исследования для оценки сил взаимного влияния концептов использовались типичные способы оценки нечеткой информации, основанные на лингвистических переменных и соответствующих шкалах (использовалась лингвистическая 9-балльная шкала, значения которой потом были переведены в числовой интервал $[-1, 1]$). Матрицу W взаимного влияния концептов, полученную в результате исследования, можно найти в предшествующих работах автора [1, 3]. В статье [1] динамика изменения значений концептов описывалась уравнением:

$$c_j(t+1) = c_j(t) + \sum_{i=1}^{14} w_{ij} (c_i(t) - c_i(t-1)), \quad j=1, \dots, 14, \quad (1)$$

где $c_i(t)$ — значение i -го концепта в момент времени t , w_{ij} — сила влияния i -го концепта на j -й концепт ($w_{ij} \in [-1; 1]$). В такой формализации динамики значения w_{ij} отражают зависимость приращения j -го концепта от приращений других концептов, причем влияние концептов в некоторой степени рефлексивно.

Анализ этой модели был выполнен согласно методике структурно-целевого анализа [2]. Было показано, что матрица W нестабильна, поэтому для дальнейшего анализа матрица была стабилизирована. Дальнейший анализ проводился не для исходной, а для стабилизированной матрицы — в этом заключается определенный недостаток методики структурно-целевого анализа, так как подобная стабилизация является формальной, что в некоторой степени искажает особенности причинно-следственных связей рассматриваемого объекта. Нестабильность матрицы влияний можно интерпретировать также как определенную несогласованность или противоречивость мнений экспертов. Так или иначе, но стабильность матрицы влияний является ограничением применимости этого метода.

Анализ предельных значений целевых концептов показал благоприятные тенденции их изменения. В приложении 1 приведена диаграмма, показывающая динамику изменения значений некоторых, практически наиболее важных концептов, согласно уравнению (1), для стабилизированной матрицы влияний (см. рис. 1). В работе [1] были также сформулированы цели работы коллектива в виде фиксированных значений целевых концептов. Анализ показал их непротиворечивость, то есть достижимость *целевых* значений из начальных состояний при выбранных управлениях. Были предложены несколько содержательно различных стратегий управления (стратегии *Человеческих отношений*, *Материального стимулирования* и стратегия *Дисциплины и профессионализма*).

Тем не менее проведенное исследование нельзя считать исчерпывающим в первую очередь по причине ограниченности математической модели (1), положенной в ее основу. Следует также отметить, что установившиеся предельные значения концептов находятся далеко от интервалов их начальных значений, что делает практически невозможным содержательную интерпретацию их абсолютных значений, в особенности это касается концепта *Текучесть кадров*, предельные значения которого отрицательны. Таким образом, практическое применение сформулированных стратегий управления также не вполне очевидно, что и было отмечено нашими экспертами из изучаемой организации.

Нечеткая когнитивная карта

Нечеткие когнитивные карты (НКК) представляют собой гибкое средство моделирования и анализа динамических систем. В упомянутом выше исследовании научно-исследовательского отдела при сборе информации, количественной оценке как начальных значений концептов, так и их взаимных влияний использовались приемы и методики нечеткой математики. Поэтому выбор в качестве математической основы модели нечеткой когнитивной карты представляется вполне естественным.

Нечеткая когнитивная карта в классическом варианте Б. Коско представляет собой взвешенный орграф, вершины которого — концепты — отражают существенные характеристики изучаемой системы. Значения концептов принадлежат интервалу $[0; 1]$ и получаются преобразованием реальных значений концептов (в том числе и лингвистических) в указанный интервал. Веса, соответствующие дугам орграфа, отражают причинно-следственные связи, влияние концептов друг на друга, при этом влияния не рефлексивны — изменение значений концептов описывается уравнением:

$$c_j(t+1) = f \left(\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n w_{ij} c_i(t) \right), i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

где n — число концептов, $c_i(t)$ — значение i -го концепта в момент t , w_{ij} — вес дуги, ведущей от i -го концепта к j -му концепту (то есть сила воздействия (влияния) i -го концепта на j -й концепт), f — нелинейная функция преобразования, отображающая значения концептов в интервал $[0; 1]$.

Рассматривая НКК как модель нечеткой системы, необходимо прежде всего учитывать особенности отражения в этой модели причинно-следственных связей изучаемой реальной системы, специфику семантической интерпретации этих зависимостей. Семантическая интерпретация величин сил влияния w_{ij} в модели (2) во многом недостаточна и зачастую не соответствует представлениям исследователей и экспертов о реальной системе [4]. В настоящее время существует много модификаций НКК, позволяющих учесть специфику концептов и зависимостей изучаемой системы. В качестве математической модели была выбрана модель, рассматриваемая в работах [5–6]:

$$c_j(t) = f \left(k_1 c_j(t-1) + k_2 \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n w_{ij} c_i(t-1) \right), \quad (3)$$

где $f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$, k_1 и k_2 — константы, $W = (w_{ij})$ — матрица сил влияний, в которой $w_{ii} = 1, i = 1, \dots, n$.

Так же, как и в модели (1), влияния в этой модели «рефлексивны» — значение каждого концепта в любой момент времени зависит от его же значения в предыдущий момент времени. Как подчеркивает Карвальо, в этом случае сами концепты по-прежнему характеризуют состояния изучаемой системы и представлены абсолютными значениями, но семантическая интерпретация значений сил влияния w_{ij} теперь состоит в следующем: значение $w_{ij} \approx 1$ означает, что «большое значение концепта-причины i ведет к быстрому изменению (большому увеличению) концепта-следствия j » [4]. В такой форме абсолютное значение концепта-причины связано с приращением (изменением) концепта-следствия. Именно такая интерпретация сил влияния использовалась нашими экспертами при оценке сил влияния в исследовании деятельности научного коллектива.

Можно сказать, что модель (3) является обобщением классической модели Коско (2). Коэффициент k_1 отражает эффект влияния концепта на самого себя — силы самовлияния у всех концептов одинаковы, так как $w_{jj} = k_1$ для всех j . Коэффициент k_2 отражает эффект влияния на j -й концепт всех остальных концептов, связанных с рассматриваемым концептом согласно орграфу влияний. Можно сказать, что k_2 представляет собой «коэффициент усиления» сил влияния на каждый концепт всех остальных, связанных с ним концептов. Наличие коэффициентов k_1 и k_2 придает модели гибкость и позволяет адекватно отразить особенности динамики изучаемых систем, однако в большинстве работ рассматривается только случай $k_1 = k_2 = 1$. В работе Гликас [7] для частного случая изучено влияния данных коэффициентов на динамику системы и предложены некоторые интерпретации данных коэффициентов. Например, отмечено, что коэффициент k_1 делает динамику системы более «гладкой». Очевидно также, что значение и влияние этих коэффициентов на динамику тесно связаны с типом используемой функции преобразования $f(x)$ и с конкретным видом НКК [6, с. 2254].

Так как от значений коэффициентов k_1 и k_2 зависит динамика изменений концептов НКК, то эти параметры должны определяться на этапе построения НКК, интерпретироваться и оцениваться таким же образом, как и силы влияния концептов. Так, например, в исследовании Гликас [7] предполагается, что эти коэффициенты являются нечеткими величинами и оцениваются по соответствующей методике. В работе автора [3] предложена методика оценки и интерпретации значений этих коэффициентов, которая состоит из двух шагов:

- 1) Оценивается значение суммы коэффициентов $k = k_1 + k_2, k_1, k_2 \geq 0$, причем при отсутствии каких-либо обоснованных оценок $k_1 + k_2 = 2$.
- 2) Оцениваются относительные значения коэффициентов по одной из двух схем: как относительный эффект усиления «внешнего» влияния $\alpha = k_2/k_1, \alpha > 0$ или

как доля эффекта влияния всех других концептов в общем эффекте влияний на концепт $\beta = k_2/(k_1 + k_2)$, $0 < \beta < 1$. В случае отсутствия обоснованной оценки полагаем $k_1 = k_2$. После определения значения α или β однозначно определяются значения коэффициентов k_1 и k_2 .

В рассматриваемой нечеткой когнитивной модели (уравнение (3)) управления научным коллективом было исследовано влияние указанных коэффициентов на динамику изменения целевых концептов. В качестве параметра была выбрана величина β — доля влияния всех других концептов в совокупном влиянии на каждый концепт модели.

Влияние коэффициентов k_1 и k_2 на динамику рассматриваемой НКК можно оценить на основании диаграмм, приведенных в приложениях 2 и 3. Так, при $k_1 = 0$ и $k_2 = 1$, что соответствует классической модели Коско (2) при отсутствии эффекта самовлияния концептов, значения целевых концептов *Соблюдение сроков* и *Качество работы* быстро стабилизировались: их значения возрастают и стремятся к 0,95 (см. рис. 3). Если же $k_1 = 0$ и $k_2 = 2$ (что аналогично модели (2) без самовлияния концептов, при условии $k_1 + k_2 = 2$), то динамика целевых концептов практически совпадает с предыдущим случаем — значения концептов быстро стабилизируются на уровне 0,99 (см. рис. 4), изменился только характер поведения концепта *Уровень профессионализма*.

Дальнейший анализ модели (4) был выполнен в предположении, что $k_1 + k_2 = 2$. В случае, когда самовлияние каждого концепта и совокупное влияние на него всех остальных концептов одинаковы, то есть $\beta = 0,5$, то $k_1 = k_2 = 1$. Диаграмма, иллюстрирующая динамику изменения концептов в соответствии с (3) при $k_1 = k_2 = 1$, приведена в Приложении 2. Можно сказать, что ее динамика в целом аналогична динамике модели (1): тот же характер изменения целевых концептов (*Соблюдение сроков* и *Качество работы*) и таких концептов, как *Уровень профессионализма*, *Мотивация*, кроме того, теперь стабилизация значений концептов происходит намного быстрее. Однако наиболее важное следствие использования модели (3) заключается в том, что теперь можно дать содержательную интерпретацию абсолютным значениям концептов: так, например, то, что значение концепта *Соблюдение сроков* через несколько шагов становится практически равным 1, свидетельствует об очень высокой доле заданий, которые будут выполнены в срок. Большое значение концепта *Качество работы* свидетельствует о том, что эти работы удовлетворяют всем необходимым требованиям. Поэтому в данном случае можно говорить не только о положительных тенденциях в работе изучаемого коллектива, но и о высоких абсолютных показателях результативности его работы.

На рис. 5 Приложения 3 приведена диаграмма для случая $k_1 = 0,14$, $k_2 = 1,86$, $\beta = 0,93$, который соответствует равной «важности» влияния каждого концепта — в нашей модели всего 14 концептов, поэтому $k_1 = 1/14$ и $k_2 = 13/14$. На рис. 6 приведена диаграмма для случая $k_1 = k_2 = 0,5$.

Следует отметить, что характер динамики целевых концептов *Соблюдение сроков* и *Качество работы* остается практически неизменным для рассмотренных выше случаев, изменения касаются, в основном, их предельных значений. Можно также отметить различия в поведении концептов *Уровень профессионализма* и *Текущее состояние кадров*.

Заключение

Анализ динамики рассматриваемой модели деятельности научно-исследовательского коллектива показывает, что при $k_1 = k_2 = 1$ значение целевых концептов *Соблюдение сроков* и *Качество работы* стабилизируются за первые 2–3 шага на уровне, близком к 1 (на рис. 2 Приложения 2 значения этих концептов практически совпадают). На основании этого можно сделать вывод о благоприятном положении дел в научно-исследовательском отделе: значение концепта *Соблюдение сроков*, близкое к 1, свидетельствует о том, что практически все задания выполняются отделом в срок. Значение концепта *Качество работы*, практически равное 1, говорит о том, что все эти работы выполнены на высоком уровне и удовлетворяют всем установленным требованиям.

Кроме того, значение концепта *Мотивация сотрудника к труду* быстро возрастает (с начального значения 0,3) и стабилизируется на уровне 0,93 — это, по мнению экспертов, свидетельствует о позитивном отношении сотрудников к работе. Также позитивно интерпретируется возрастание значения концепта *Уровень профессионализма* до значения 0,81 — это говорит о достаточно высоком уровне компетентности работников. Значение концепта *Текучесть кадров*, установившееся на уровне 0,39, можно интерпретировать как некоторое уменьшение коэффициентов текучести кадров относительно эмпирически рекомендуемых значений этих коэффициентов (хотя и возросшее относительно начального значения 0,2) — по мнению экспертов причиной этого может быть неоптимальный кадровый состав отдела: средний возраст сотрудников составляет 47 лет, доля сотрудников пенсионного возраста в настоящее время составляет почти 25%, а доля сотрудников до 29 лет — только 15%, доля сотрудников до 39 лет — только 27%.

Можно отметить еще несколько тенденций, данные для которых не представлены на графиках из-за ограниченности объема статьи. Значение концепта *Административные методы управления* уменьшается, в то время как значения концептов *Социально-психологические методы управления* и *Экономические методы управления* увеличиваются и стабилизируются на уровне 0,6, при этом значение концепта *Социально-психологический климат* увеличивается почти до 1 — это можно интерпретировать как формирование более сбалансированной и эффективной стратегии управления коллективом. Стоит отметить также возрастание значений концептов *Уровень развитости коммуникаций* и *Организационная культура*.

Нечеткие когнитивные карты представляют собой гибкий инструмент исследования поведения сложных систем. Важную роль играет математическая формализация модели — от нее во многом зависит адекватность интерпретации как структуры модели, так и получаемых результатов. Выбор параметров моделей должен также в первую очередь основываться на их содержательном смысле. Для динамики, описываемой уравнением (3), на основе схемы интерпретации и оценки значений коэффициентов k_1 и k_2 проведен анализ влияния этих коэффициентов на динамику целевых концептов. В рассматриваемой модели оказалось, что соотношение между коэффициентами k_1 и k_2 не оказывает существенного влияния на поведение целевых концептов, гораздо более сильное влияние оказывает значение суммы этих коэффициентов.

Литература

1. *Евсеев Е. А., Станкевич А. М.* Когнитивная модель управления научным коллективом // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 12. 2012. Вып. 1. С. 206–215.
2. *Максимов В. И.* Структурно-целевой анализ развития социально-экономических ситуаций // Проблемы управления. Труды Ин-та пробл. упр. им. В. А. Трапезникова РАН. М.: ИПУ РАН, 2005. № 3. С. 30–38.
3. *Евсеев Е. А.* Нечеткая когнитивная карта управления коллективом // Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления, Москва 16–19 июня 2014 г. (ВСПУ 2014). М.: ИПУ РАН, 2014. С. 4113–4116.
4. *Carvalho J. P.* On the semantics and the use of fuzzy cognitive maps and dynamic cognitive maps in social sciences // Fuzzy Sets and Systems. 2013. Vol. 214. P. 6–19.
5. *Groumpos P. P.* Fuzzy Cognitive Maps: Basic Theories and Their Application to Complex Systems // Fuzzy Cognitive Maps. Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications. Series: Studies in Fuzziness and Soft Computing / ed. by M. Glykas. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2010. Vol. 247. P. 1–22.
6. *Stylios C. D., Groumpos P. P.* Mathematical formulation of fuzzy cognitive maps // Proceedings of the 7th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED99), June 28–30, 1999. Haifa: [б.и.], 1999. P. 2251–2261.
7. *Glykas M.* Fuzzy cognitive strategic maps in business process performance measurement // Expert Systems with Applications. 2013. N 40. P. 1–14.

Статья поступила в редакцию 12 марта 2015 г.

Контактная информация

Евсеев Евгений Александрович — кандидат физико-математических наук, доцент; e.evseev@spbu.ru
Evseev Evgeniy A. — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor;
e.evseev@spbu.ru

Приложение 1. Динамика модели (1)

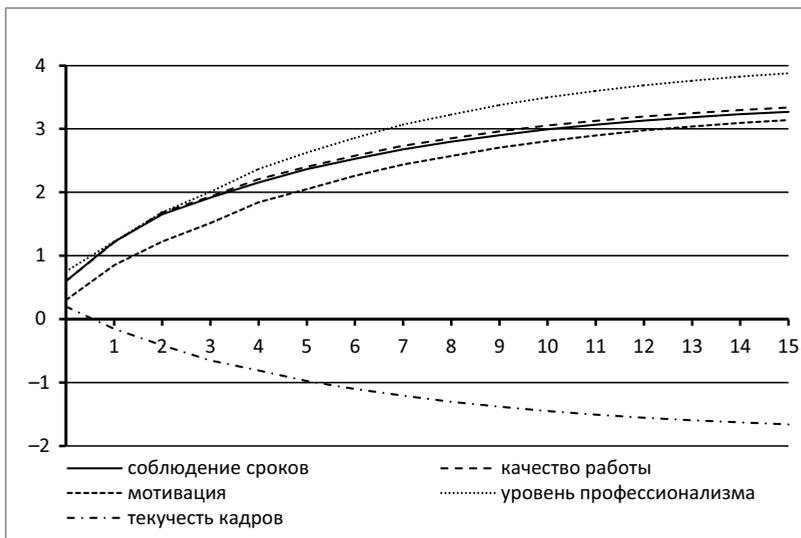


Рис. 1. Динамика изменения значений концептов модели (1) со стабилизированной матрицей влияний

Приложение 2. Динамика НКК модели (4) при $k_1 = k_2 = 1$

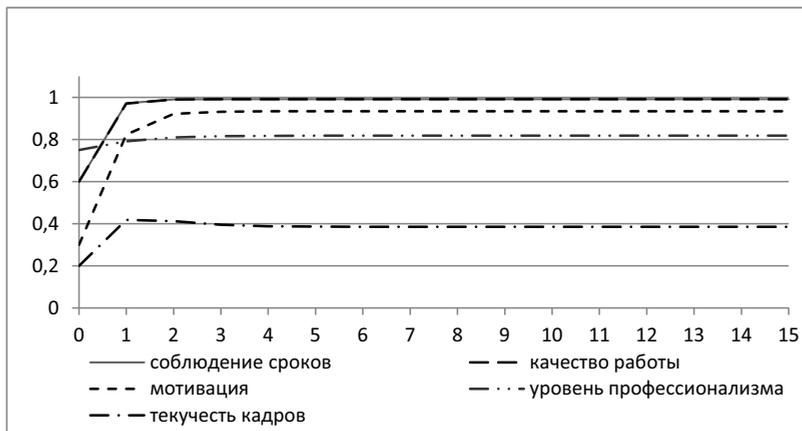


Рис. 2. Динамика изменения значений концептов модели (4) при $k_1 = k_2 = 1$

Приложение 3. Динамика НКК модели (4) при различных значениях коэффициентов k_1 и k_2

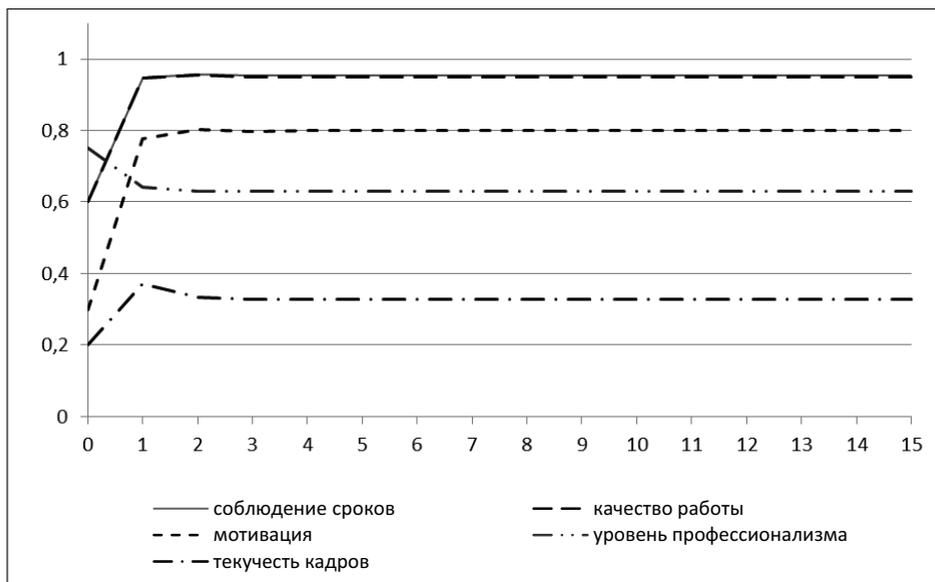


Рис. 3. Динамика (4) при $k_1 = 0, k_2 = 0$

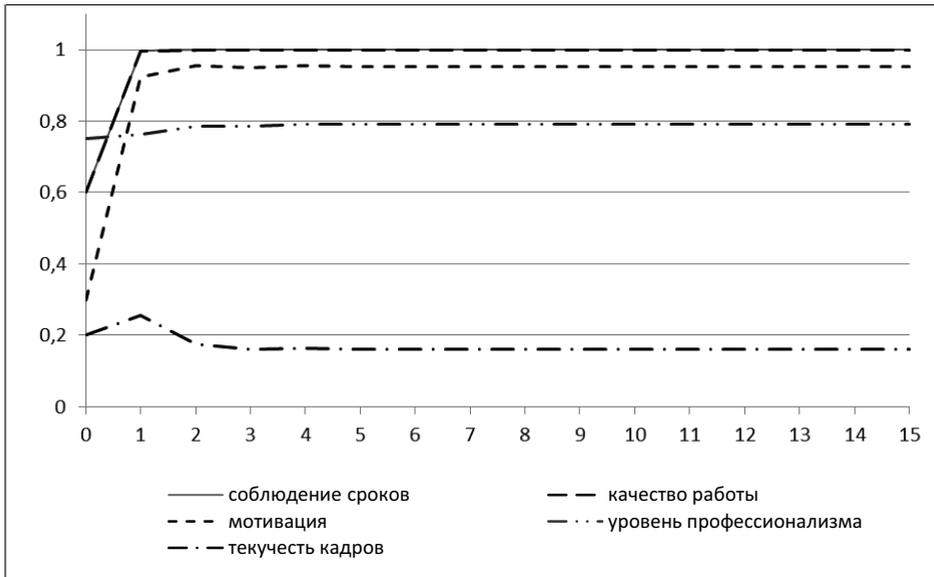


Рис. 4. Динамика (4) при $k_1 = 0$, $k_2 = 2$

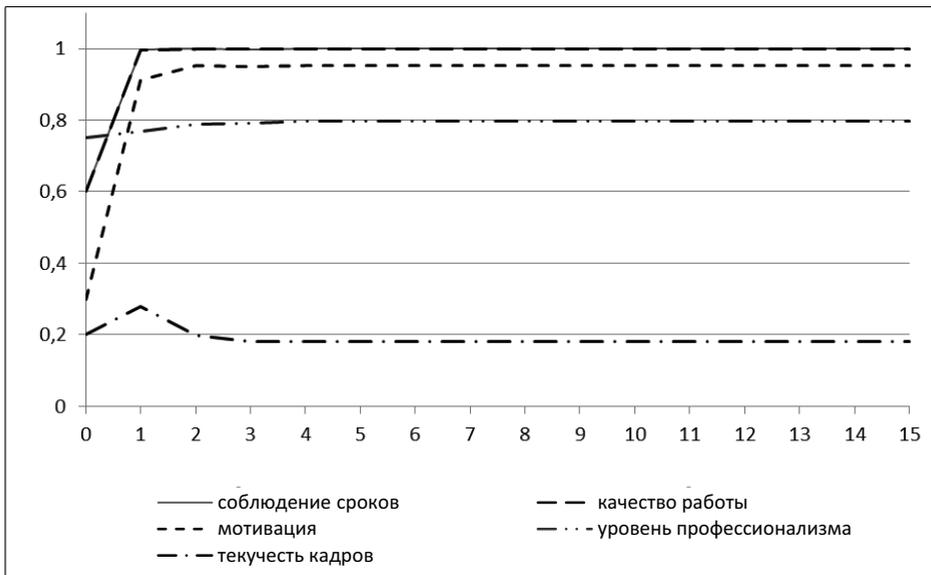


Рис. 5. Динамика (4) при $k_1 = 0,14$ и $k_2 = 1,86$

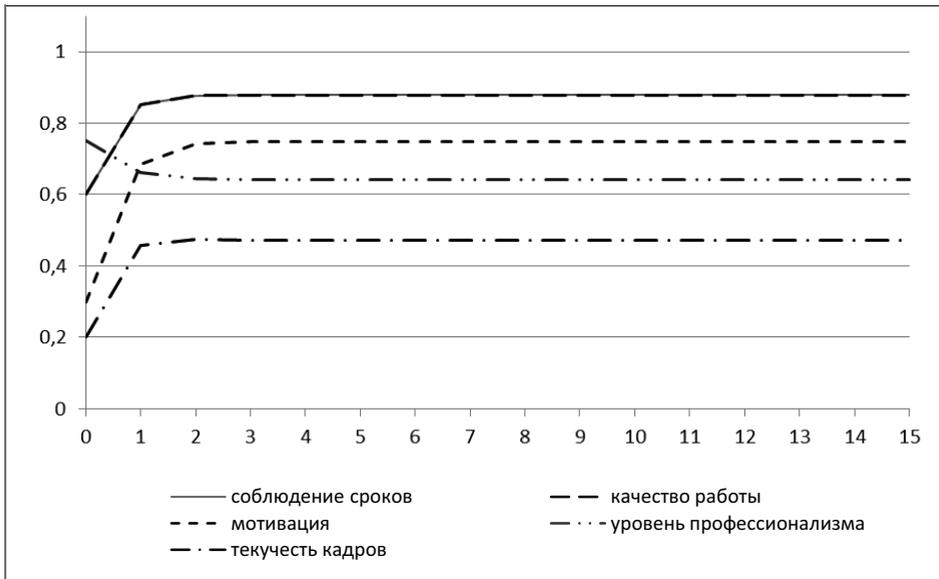


Рис. 6. Динамика (4) при $k_1 = k_2 = 0,5$