

# Моделирование форм когнитивной активности индивида на примере системы «учебная мотивация» студента

А.Е. Ложников<sup>1</sup>, В.А. Маренко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Омский государственный технический университет, пр. Мира, 11, Омск, 644050, Россия

<sup>2</sup> Институт математики им. С.Л.Соболева СО РАН, пр. ак. Коптюга, 4, Новосибирск, 630090, Россия

## Аннотация

Цель работы – изучение видов когнитивной деятельности индивида, используемых при реализации процессов принятия решений на примере учебной мотивации студента. Для реализации цели сформулирован комплекс взаимосвязанных задач, состоящий из выявления существенных факторов, влияющих на учебную мотивацию студента, создание соответствующей когнитивной модели в виде взвешенного ориентированного графа, симплициального анализа модели и вычислительного эксперимента. В исследовании участвовали преподаватели и студенты педагогического и технического вузов. Исследования показали, что для обоснования управленческих решений преподаватели рекомендуют руководствоваться тремя факторами «прагматические аспекты», «личность педагога» и фактором «личностные качества» студента, выявленными при проведении симплициального анализа. В студенческой рекомендации факторов два. Первый – совпадает с мнением преподавателей. Это фактор «личностные качества» студента, а также акцентируется внимание на факторе «психологический климат в учебном коллективе». Полученные выводы рекомендованы специалистам в сфере образования для поддержки принятия управленческих решений.

## Ключевые слова

Когнитивная модель, обобщение, детализация, симплициальный анализ, вычислительный эксперимент, учебная мотивация.

# Modeling Forms of Cognitive Activity of an Individual on the Example of the System «Learning Motivation» student

A.E. Lozhnikov<sup>1</sup>, V.A. Marenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Omsk State University, 11 Mira avenue, Omsk, 644050, Russia

<sup>2</sup> Sobolev Institute of Mathematics SB RAS, 4 Acad. Koptuyug avenue, Novosibirsk, 630090, Russia

## Abstract

The purpose of the work is to study the types of cognitive activity of an individual that are used in decision making. In our work, the student's learning motivation is studied. To achieve the goal, a set of tasks has been formulated. The first task is to identify the factors that influence the student's learning motivation. The second task is to create cognitive models in the form of weighted directed graphs. Further, the model is used for simplicial analysis and computational experiment. The study involved teachers and students. Teachers recommend being guided by three factors "pragmatic aspects", "personality of the teacher" and the factor "personal qualities" of the student. These factors were revealed during the simplicial analysis. There are two factors in the student recommendation. The first factor coincides with the opinion of teachers. This is the factor of "personal qualities" of the student. The second factor is the "psychological climate in the teaching staff" factor. Conclusions can be used by specialists to support management decision-making.

ГрафиКон 2023: 33-я Международная конференция по компьютерной графике и машинному зрению, 19-21 сентября 2023 г., Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, г. Москва, Россия

EMAIL: catwarrior@mail.ru (А.Е. Ложников); marenko@ofim.oscsbras.ru (В.А. Маренко)

ORCID: 0009-0003-3808-0026 (А.Е. Ложников); 0000-0001-7288-9353 (В.А. Маренко)



© 2023 Copyright for this paper by its authors.

Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

**Keywords**

Cognitive model, generalization, detailing, simplicial analysis, computational experiment, learning motivation.

## 1. Введение

Процесс обучения требует от человека больших физических и моральных усилий, подкрепляемых различными средствами, в том числе учебной мотивацией. Мотив – это внутреннее побуждение личности к тому или иному виду активности, связанному с удовлетворением определенной потребности, а мотивация – это совокупность стойких мотивов, выражающих направленность личности [1]. Цель написания статьи состоит в иллюстрации технологии построения когнитивных моделей «учебная мотивация» студента с различной степенью детализации, выводы из которых могут использоваться специалистами в сфере образования для поддержки принятия управленческих решений. Для достижения цели сформулированы следующие задачи.

1. Выявление факторов (концептов предметной области), влияющих на объект исследования как системы путем обзора научных публикаций и экспертных методов.

2. Использование выявленных факторов для построения системы «учебная мотивация» студента в виде когнитивной модели, элементами которой служат выявленные факторы, называемые управляющими и связи между ними.

2.1. Из управляющих факторов формируются подсистемы учебной мотивации студента с соответствующими взаимосвязями. Полученная схема является обобщенной когнитивной моделью «учебная мотивация» студента.

2.2. С обобщенной когнитивной моделью проводится вычислительный эксперимент для выявления подсистемы, наиболее чувствительной к импульсному воздействию.

3. Построение детализированной когнитивной модели осуществляется путем замены подсистем их элементами с соответствующими взаимосвязями между ними.

4. Исследование детализированной когнитивной модели проводится с применением симплицального анализа и вычислительного эксперимента.

5. Обсуждение полученных результатов.

Обзор научных публикаций показал, что мотивационный комплекс состоит из профессиональной, познавательной, социальной, прагматической и других составляющих. Специалисты утверждают, что при стихийном формировании мотивационной сферы необходимый эффект в обучении достичь очень трудно [2]. Для активизации процесса усвоения материал и получения прочных знаний выделить какой-либо ведущий мотив не представляется возможным, необходимо задействовать или мотивационный комплекс в целом или большинство его компонентов [3]. Мотивационный комплекс может включать, в том числе такие элементы как «признание достоинств» студента, «одобрение выбора профессии», «поощрение положительных сдвигов» в усвоении учебного материала и т.д. [4]. Большой мотивационный эффект можно получить от «профессионализма педагога» и его «личностных качеств», таких как владение ораторским искусством, энергичности, юмора и др. [5]. При изучении учебной мотивации выявлена закономерность, подтвержденная статистическими средствами, которая показывает, что «сильные» студенты мотивированы на получение прочных знаний, а «слабые» нуждаются в дополнительной мотивации, которая может компенсировать «недостаточный запас знаний, умений и навыков» [6].

## 2. Построение когнитивных моделей (группа преподавателей)

Известное утверждение о том, что на одном из уровней иерархии хорошо просматривается смысл исследуемой системы, а на другом – ее детализация иллюстрируется с помощью разработанного нами подхода, применяемого для исследования социально-экономических систем [7, 8, 9].

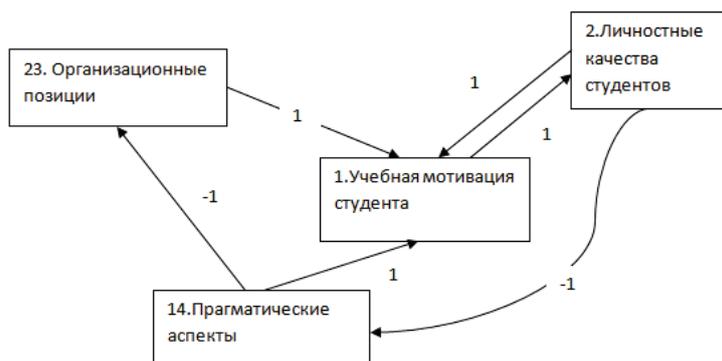
Исследуемый объект представляется иерархической системой  $IG=(G_k)$ , где  $G_k=(V_k, E_k)$  – когнитивная модель исследуемой системы уровня  $k=1, 2, \dots$ ;  $V_k=\{v_i, v_j\}$  – множество вершин

когнитивной модели,  $i, j = 1, 2, \dots, n$ ;  $E_k = \{e_{ij}\}$  – множество дуг;  $i, j = 1, 2, \dots, n$  [8]. Правило, по которому каждый элемент  $v_i \in V_k$  когнитивной модели связывается с другими элементами  $v_j \in V_k$  представляется  $n$ -рным отношением  $r(v_i, v_j)$ .

Исследование осуществляется по следующей схеме.

Сначала объект исследования фиксируется как система, в нашем примере это «учебная мотивация» студента. Далее выявляются базисные факторы (концепты предметной области), оказывающие позитивное или негативное влияние на систему, такие как «ситуации успеха при обучении», «разнообразные формы сопровождения обучения», «наличие способностей к обучению», «личностные качества педагога» и др. Далее формируются причинно-следственные отношения между факторами на основе экспертных рассуждений. Например, «если пассивность студентов на занятиях высокая, то учебная мотивация низкая», «если реализация творческого потенциала студента высокая, то учебная мотивация высокая» и т.д. Прямые и обратные связи между факторами снабжены согласованными экспертными оценками из интервала  $[-1; 1]$ .

Когнитивная модель первого уровня иерархии формируется в виде орграфа  $G_{1ур}$  с вершинами в виде факторов и дугами – взаимосвязями между ними. Простая модель, в виде знакового графа, выбирается, как пишут многие специалисты, для предварительного анализа данных. В нашем примере факторы в первом варианте когнитивной модели представлены подсистемами: «личностные качества» студента, «прагматические аспекты» выбора профессии и «организационные позиции» обучения. Обобщенная когнитивная модель системы «учебная мотивация» студента, предложенная преподавателями, представлена на рисунке 1.

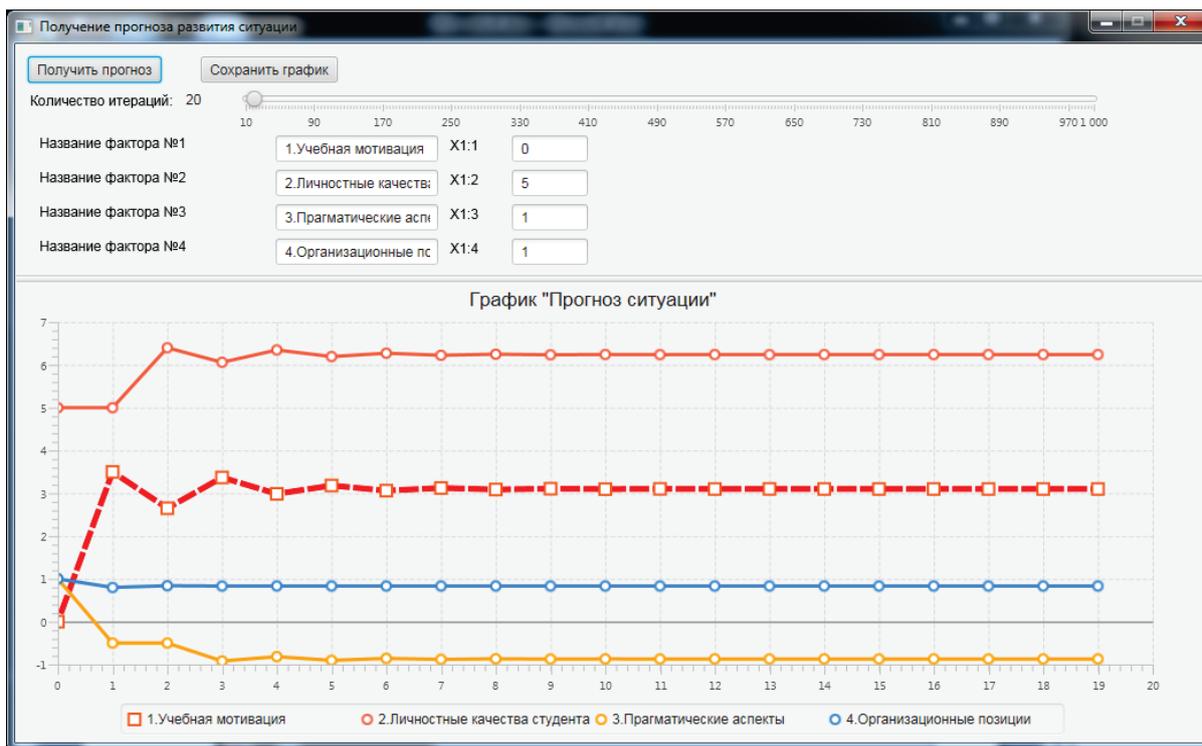


**Рисунок 1** – Обобщенная когнитивная модель «учебная мотивация» студента, предложенная преподавателями

Вывод, что подсистема «прагматические аспекты» наиболее чувствительна к импульсному воздействию (рис. 2 а, б), получен в ходе вычислительного эксперимента с обобщенной когнитивной моделью, который проводится с помощью авторского программного средства [10], разработанного на основе теоретических положений Робертса Ф. [11].

На рисунке 2 а показан результат вычислительного эксперимента при имитации улучшения подсистемы «личностные качества» студента в пять раз. В этом случае значение целевого фактора «учебная мотивация» студента (пунктирная линия) составила три условные единицы. На рисунке 2 б при имитации улучшения подсистемы «прагматические аспекты» в пять раз, значение целевого фактора – четыре условные единицы. При имитации улучшения подсистемы «организационные позиции» в пять раз, значение целевого фактора – три целых пять десятых условные единицы.

Далее формируется детализированная когнитивная модель  $G_{2ур}$  путем замены подсистем в обобщенной модели их элементами с соответствующими взаимосвязями (рисунок 3).

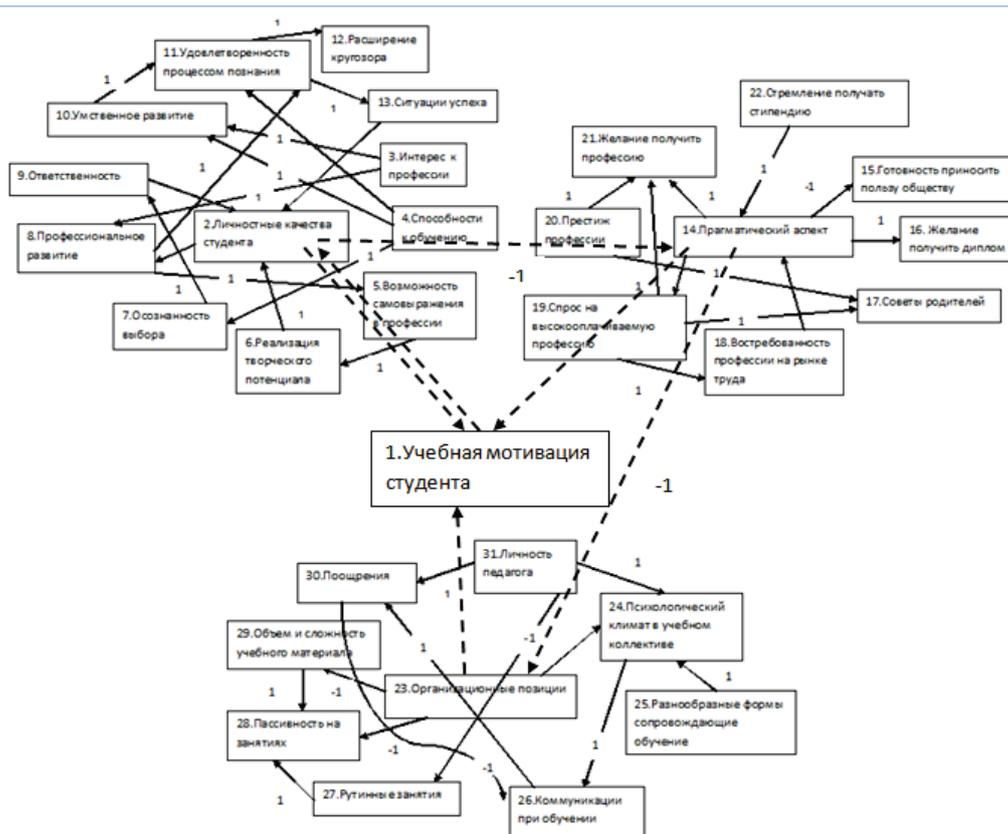


а



б

Рисунок 2 (а, б) – Результаты 1-го вычислительного эксперимента



**Рисунок 3** – Детализированная когнитивная модель «учебная мотивация» студента

С детализированной когнитивной моделью проводится симплициальный анализ для выявления неявных связей между факторами [11]. Симплициальный анализ оперирует понятиями матрица инцидентности, симплекс, комплекс и другими терминами. В нашем исследовании симплициальные комплексы исследовались с использованием матрицы инцидентности, содержащей тридцать один симплекс. Анализ начинался с наибольшей связности и заканчивался связностью, равной нулю. Строки с наибольшим числом элементов четырнадцатая, соответствующая фактору  $x_{14}$  «прагматические аспекты», и тридцать первая, соответствующая фактору  $x_{31}$  «личность педагога», которые содержат по пять единиц. Наибольшая связность комплекса  $q=4$ .

Результаты вычислительной процедуры для комплекса  $K_Y(X, R)$ :

$$q=4 \quad Q_4=2 \quad \{x_{14}\} \{x_{31}\}$$

$$q=3 \quad Q_3=4 \quad \{x_{14}\} \{x_{31}\} \{x_2\} \{x_{23}\}$$

$$q=2 \quad Q_2=5 \quad \{x_{14}\} \{x_{31}\} \{x_2\} \{x_{23}\} \{x_4\}$$

$$q=1 \quad Q_1=9 \quad \{x_{14}\} \{x_{31}\} \{x_2 \ x_3\} \{x_{23}\} \{x_4\} \{x_8\} \{x_{11}\} \{x_{19}\} \{x_{21}\}$$

$$q=0 \quad Q_0=1 \quad \{все\}$$

Структурный вектор комплекса равен  $Q_Y=\{24591\}$ . Он показывает, что комплекс  $K_Y(X, R)$  связан для  $q=0$ , и не связан для  $q=4, 3, 2, 1$ . На первом уровне связности имеется связный компонент  $\{x_2 \ x_3\}$ , который показывает, что внося управляющее воздействие в вершину орграфа  $V_3$  («интерес к профессии») вершина орграфа  $V_2$  («личностные качества» студента) отреагирует на это воздействие. Факторы «прагматические аспекты» и «личность педагога» – вершины орграфа  $V_{14}$  и  $V_{31}$  с симплексами наибольшей размерности выбираются в качестве управляющих для всей исследуемой системы.

Результаты вычислительной процедуры для комплекса  $K_X(Y, R)$ .

Второй столбец матрицы инцидентности орграфа содержат наибольшее число элементов – пять. Уровень связности комплекса равен четырем.

$$q=4 \quad Q_4=1 \quad \{x_2\}$$

$$q=3 \quad Q_3=2 \quad \{x_2\} \{x_{14}\}$$

$$\begin{aligned}
 q=2 \quad Q_2=6 & \{x_2\}\{x_{14}\}\{x_1\}\{x_{10}\}\{x_{11}\}\{x_{24}\} \\
 q=1 \quad Q_1=9 & \{x_2\}\{x_{14}\}\{x_1\}\{x_{10} \ x_8\}\{x_{11}\}\{x_{24}\}\{x_{17}\}\{x_{26}\}\{x_{30}\} \\
 q=0 \quad Q_0=1 & \{vce\}
 \end{aligned}$$

Структурный вектор комплекса равен  $Q_X=\{12691\}$ . Он показал, что комплекс  $K_X(Y, R)$  сильно связан для большого и малого уровней, а остальные – распадаются на несвязные компоненты. На первом уровне связности имеется связный компонент, который показывает, что профессиональному совершенствованию (фактор  $x_8$ ) способствует фактор  $x_{10}$  – «умственное развитие» студента. Фактор «личностные качества» студента – вершина орграфа  $V_2$  с симплексом наибольшей размерности рекомендуется специалистам в сфере образования для поддержки принятия управленческих решений.

### 3. Построение студенческих когнитивных моделей

Студенческий обобщенный вариант когнитивной модели представлен структурой, обозначенной на рисунке 4.



Рисунок 4 – Студенческая обобщенная когнитивная модель «учебная мотивация»

Со студенческой когнитивной моделью также проводился вычислительный эксперимент для выявления подсистемы, наиболее чувствительной к импульсному воздействию. Результаты показали, что имитация улучшения «личностных качеств» студента и «прагматических аспектов» приводит к одинаковому улучшению «учебной мотивации». Этот результат отличает студенческую обобщенную когнитивную модель от модели, предложенной преподавателями.

Далее формируется детализированная структура студенческой когнитивной модели, которая отличается от когнитивной модели, сформированной преподавателями, только взаимосвязями между элементами исследуемой системы (рис. 5).

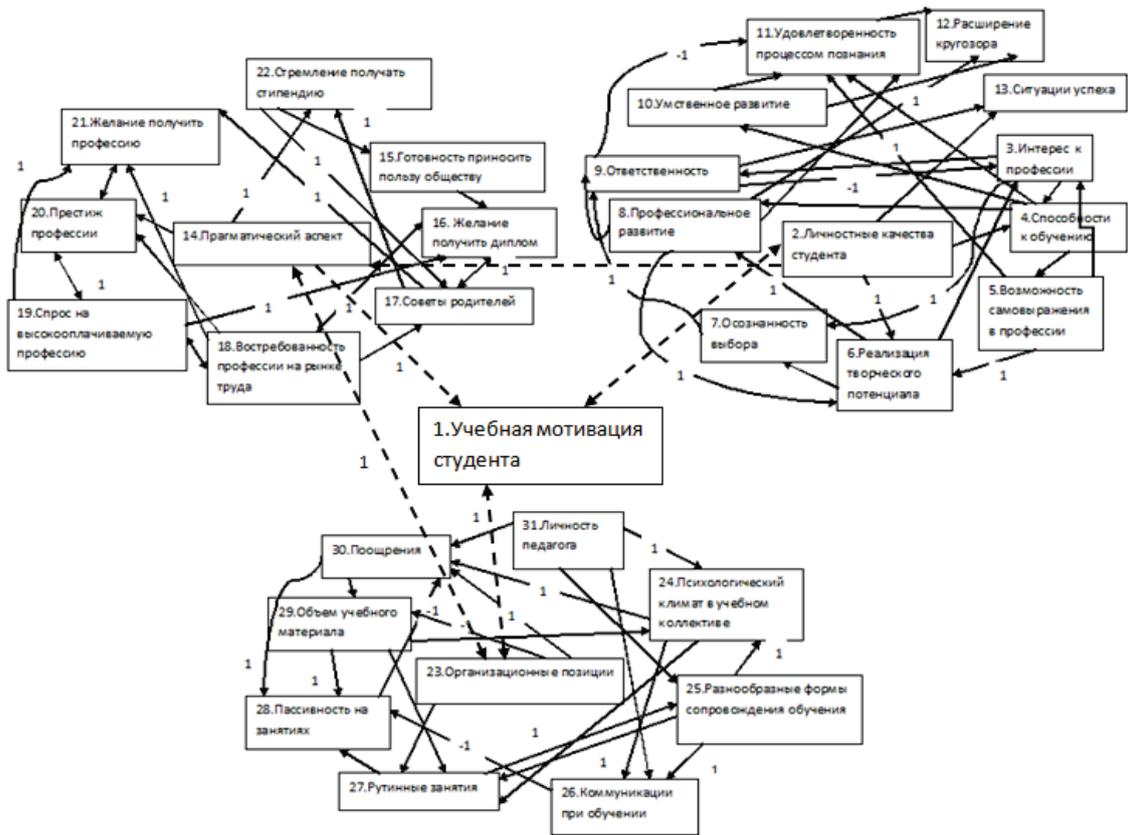
Со студенческой детализированной когнитивной моделью также проводится симплициальный анализ для выявления неявных связей между факторами. Вторая строка матрицы инцидентности орграфа содержит наибольшее число элементов – двенадцать. Наибольшая связность комплекса  $K_Y(X, R)$   $q=11$ .

Результаты вычислительной процедуры для комплекса  $K_Y(X, R)$ :

$$\begin{aligned}
 q=11 \quad Q_{11}=1 & \{x_2\} \\
 q=10 \quad Q_{10}=1 & \{x_2\} \\
 q=9 \quad Q_9=1 & \{x_2\} \\
 q=8 \quad Q_8=1 & \{x_2\} \\
 q=7 \quad Q_7=2 & \{x_2\}\{x_{23} \ x_{24} \ x_{26}\} \\
 q=6 \quad Q_6=2 & \{x_2\}\{x_{23} \ x_{24} \ x_{26}\} \\
 q=5 \quad Q_5=5 & \{x_2\}\{x_{23} \ x_{24} \ x_{26}\}\{x_{14}\}\{x_{20}\}\{x_{31}\} \\
 q=4 \quad Q_4=8 & \{x_2\}\{x_{23} \ x_{24} \ x_{26} \ x_{29}\}\{x_{14}\}\{x_{20}\}\{x_{31} \ x_{30}\}\{x_{10}\}\{x_{18}\}\{x_{19}\} \\
 q=3 \quad Q_3=14 & \{x_2 \ x_6 \ x_7 \ x_{12}\}\{x_{23} \ x_{24} \ x_{26} \ x_{29}\}\{x_{14}\}\{x_{20}\}\{x_{31} \ x_{30} \\
 & x_{28}\}\{x_{10}\}\{x_{18}\}\{x_{19}\}\{x_4\}\{x_8\}\{x_{16}\}\{x_{21}\}\{x_{17}\}\{x_{25}\} \\
 q=2 \quad Q_2=16 & \{x_2 \ x_6 \ x_7 \ x_{12} \ x_3 \ x_{11}\}\{x_{23} \ x_{24} \ x_{26} \ x_{29}\}\{x_{14}\} \{x_{20} \ x_{15}\}\{x_{31} \ x_{30} \ x_{28} \ x_{26}\}\{x_{10}\}\{x_{18}\} \\
 & \{x_{19}\}\{x_4\}\{x_8\}\{x_{16}\}\{x_{21}\}\{x_{17}\}\{x_{25}\}\{x_5\}\{x_9\}
 \end{aligned}$$

$$q=1 \quad Q_1=1 \quad \{все\}$$

$$q=0 \quad Q_0=1 \quad \{все\}$$



**Рисунок 5** – Студенческая детализированная когнитивная модель «учебная мотивация»

Структурный вектор комплекса равен  $Q_Y = \{1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 2 \ 2 \ 5 \ 8 \ 14 \ 16 \ 1 \ 1\}$ . Он показал, что комплекс  $K_Y(X, R)$  сильно связан для больших и малых уровней, а остальные – распадаются на несвязные компоненты. На седьмом уровне связности имеется связный компонент  $\{x_{23} \ x_{24} \ x_{26}\}$ , который показывает, что факторы  $x_{24}$  – «психологический климат в учебном коллективе» и  $x_{26}$  – «коммуникации при обучении» являются определяющими для «организационных позиций» учебного процесса. Фактор  $x_2$  – «личностные качества» студента – вершина орграфа  $V_2$  с симплексом наибольшей размерности рекомендован специалистам в сфере образования для обоснования управленческих решений.

Результаты вычислительной процедуры для комплекса  $K_X(Y, R)$ .

Двадцать четвертый столбец матрицы инцидентности орграфа содержат наибольшее число элементов – восемь. Наибольший уровень связности комплекса равен семи.

Результаты вычислительной процедуры для комплекса  $K_X(Y, R)$ :

$$q=7 \quad Q_7=1 \quad \{x_{24}\}$$

$$q=6 \quad Q_6=5 \quad \{x_{24}\} \{x_3\} \{x_{16}\} \{x_{26}\} \{x_{28}\}$$

$$q=5 \quad Q_5=7 \quad \{x_{24} \ x_{25}\} \{x_3 \ x_{13}\} \{x_{16}\} \{x_{26}\} \{x_{28}\} \{x_{11}\} \{x_{17}\}$$

$$q=4 \quad Q_4=12 \quad \{x_{24} \ x_{25}\} \{x_3 \ x_{13}\} \{x_{16} \ x_{21}\} \{x_{26}\} \{x_{28}\} \{x_{11}\} \{x_{17}\} \{x_7\} \{x_{18}\} \{x_{19}\} \{x_{20}\} \{x_{27}\}$$

$$q=3 \quad Q_3=16 \quad \{x_{24} \ x_{25}\} \{x_3 \ x_{13}\} \{x_{16} \ x_{21}\} \{x_{26} \ x_{29} \ x_{30}\} \{x_{28}\} \{x_{11}\} \{x_{17}\} \{x_7\} \{x_{18}\} \{x_{19}\} \{x_{20}\} \{x_{27}\} \{x_5\} \{x_8\} \{x_9\} \{x_{10}\}$$

$$q=2 \quad Q_2=20 \quad \{x_{24} \ x_{25}\} \{x_3 \ x_{13}\} \{x_{16} \ x_{21}\} \{x_{26} \ x_{29} \ x_{30}\} \{x_{28}\} \{x_{11}\} \{x_{17}\} \{x_7\} \{x_{18}\} \{x_{19}\} \{x_{20}\} \{x_{27}\} \{x_5\} \{x_8\} \{x_9\} \{x_{10}\} \{x_{12}\} \{x_{15}\} \{x_1\} \{x_6\} \{x_{15}\}$$

$$q=1 \quad Q_1=1 \quad \{все\}$$

$$q=0 \quad Q_0=1 \quad \{все\}$$

Структурный вектор комплекса равен  $Q_Y = \{1 \ 5 \ 7 \ 12 \ 16 \ 20 \ 1 \ 1\}$ . Он показал, что комплекс  $K_X(Y, R)$  сильно связан для большого и малых уровней, а остальные – распадаются на несвязные компоненты. На пятом уровне связности имеется два связных компонента. Компонент  $\{x_{24} \ x_{25}\}$

показывает, что с помощью фактора  $x_{25}$  – «разнообразные формы, сопровождающие обучение» можно управлять фактором  $x_{24}$  – «психологический климат в учебном коллективе», а фактор  $x_{13}$  – «ситуация успеха» может стимулировать  $x_3$  – «интерес к профессии». Фактор  $x_{24}$  – «психологический климат в учебном коллективе» – вершина орграфа  $V_{24}$  с симплексом наибольшей размерности, рекомендован специалистам в сфере образования для обоснования управленческих решений.

**Заключение.** Исследования показали, что для поддержки принятия управленческих решений преподаватели рекомендуют руководствоваться тремя факторами «прагматические аспекты», «личность педагога» и фактором «личностные качества» студента, выявленными при проведении симплицеального анализа. В студенческой рекомендации факторов два. Первый – совпадает с мнением преподавателей. Это фактор «личностные качества» студента, а также акцентируется внимание на факторе «психологический климат в учебном коллективе». Полученные выводы рекомендованы специалистам в сфере образования для поддержки принятия управленческих решений.

## 4. Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания ИМ СО РАН, проект FWNF-2022-0016.

## 5. Список источников

- [1] Реан А.А., Кудашев А.Р., Баранов А.А. Психология адаптации личности. Анализ. Теория. Практика. СПб.: Издательство ПРАЙМ-ЕВРОЗНАК, 2006. 476 с.
- [2] Развитие учебной мотивации студентов в условиях компетентного подхода / Рыспаева Ч.К., Маренко В.А., Дастанов Н.А. // Наука и инновационные технологии. 2022. № 4 (25). С. 15–21.
- [3] Эйсмонт Н.Г., Сазонова Т.А., Седельникова М.С. Сравнительный анализ учебной мотивации студентов при обучении физики в группах с высокими и низкими учебными возможностями // Сб. трудов VI рег. конференции Актуальные проблемы современной науки / Омск: Издательство ОмГТУ, 2017. С. 180–182.
- [4] Повышение уровня учебной мотивации студентов / Новикова Т.Н. // Наука и образование сегодня. 2018. № 1 (24). С. 87–93.
- [5] Улиссский Е.В. Роль личности преподавателя в процессе формирования учебной мотивации студента // Сб. научных статей Избранные вопросы науки XXI века / М.: Издательство «Перо», 2019. С. 70–72.
- [6] Гордашников В.А., Осин А.Я. Образование и здоровье студентов медицинского колледжа. М.: Издательство Академия естествознания, 2009. 395 с.
- [7] Разработка метода исследования объектов на основе иерархического подхода / Маренко В.А. // Труды ИСА РАН. Том 70. 3/2020. С. 47-55. DOI: 10.14357/20790279200306.
- [8] Метод исследования объектов социально-экономической сферы для информационной поддержки принятия решений / Маренко В.А. // Труды ИСА РАН. Том 70. 4/2020. С. 3-12. DOI: 10.14357/20790279200405.
- [9] Технология решения задач системного анализа с применением когнитивного подхода / Маренко В.А. // Труды ИСА РАН. 2022. Т. 72. № 2. С. 52–63.
- [10] Software for the computational experiment "Synthesis of the topological structure of the cognitive model" / Lozhnikov V., Marengo V. // Journal of Physics. 2020. № 1441 012148.
- [11] Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. М.: Издательство Наука, 1986. 496 с.
- [12] Симплициальный анализ когнитивных карт социально-экономических систем / Берёза О.А. // Известия ЮФУ. Технические науки. 2011. № 11 (124). С. 151–161.