

УДК 371.315:371.263  
ББК 4420.068.4+4420.028

ГРНТИ 14.35.07

Код ВАК 13.00.01, 13.00.08

### **Мамонтова Марина Юрьевна,**

кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра информационно-коммуникационных технологий в образовании, Институт математики, информатики и информационных технологий, Уральский государственный педагогический университет; 620075, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 9; e-mail: mari-mamontova@yandex.ru.

#### **ИНТЕЛЛЕКТ-КАРТА КАК СРЕДСТВО ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ЗНАНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ: ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ СТРУКТУРНО-ИНФОРМАЦИОННОГО ПОДХОДА**

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** качество знаний; результаты обучения; проверка знаний; средства оценивания; интеллект-карты; структурно-информационный подход; графы; информационные технологии.

**АННОТАЦИЯ.** В статье обсуждаются возможности и ограничения использования интеллект-карт как средства оценивания качества знаний обучающихся в рамках структурно-информационного подхода. Интеллект-карта рассматривается, с одной стороны, как логико-смысловая вербально-образная модель учебного материала, отображающая его содержание и структуру, с другой стороны – как модель индивидуальных знаний обучающихся. Для расчета структурных и информационных характеристик интеллект-карты предлагается использовать структурные формулы древовидных графов. Приведен алгоритм расчета структурных и информационных характеристик эталонной интеллект-карты и индивидуальных интеллект-карт, относительного показателя упорядоченности знаний обучающегося. Обсуждаются возможности содержательной интерпретации структурных и информационных характеристик интеллект-карт и их использования для анализа и корректировки знаний обучающихся. Обсуждается возможность оценивания полноты, структурированности системы знаний, формирующейся в ходе изучения учебного материала. Предложен вариант использования информационно-структурных формул интеллект-карт для оценки изменений в структуре знаний обучающихся в процессе их формирования. Приведены результаты апробации структурно-информационной модели интеллект-карты как средства оценивания качества знаний обучающихся. Интеллект-карты использованы в учебном процессе для формирования и итоговой проверки знаний обучающихся по одной из тем курса «Информатики и информационно-коммуникационных технологий» для общеобразовательной школы. Проведена оценка относительной валидности интеллект-карты как средства оценивания качества знаний путем корреляционного анализа результатов проверки знаний с помощью интеллект-карты и других средств оценивания. Установлена статистически значимая корреляция между структурными и информационными характеристиками интеллект-карт, результатами итогового тестирования обучающихся по изученной теме и результатами выполнения практических работ.

### **Mamontova Marina Yuryevna,**

Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, Department of Information and Communication Technologies in Education, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia.

#### **ELECTRONIC MIND MAPS AS A TOOL FOR ASSESSMENT OF THE QUALITY OF STUDENTS' KNOWLEDGE: THE POSSIBILITIES AND LIMITATIONS OF THE STRUCTURAL INFORMATION APPROACH**

**KEYWORDS:** knowledge quality; training result; assessment; assessment tool; mind map; structural information approach; graph; information technology.

**ABSTRACT.** The article addresses the possibilities and limitations of the application of mind maps as a tool for assessment of the quality of students' knowledge within the framework of the structural information approach. The mind map is considered, on the one hand, as a logical semantic verbal-and-graphic model of the educational material, displaying its contents and structure, and on the other hand, as a model of individual knowledge of students. To calculate the structural and information characteristics of the mind maps, tree graph structural formulas are suggested. An algorithm for calculation of the structural and information characteristics of a reference mind map and of the individual mind maps, and the relative indicator of the order of student knowledge is provided. The possibility of interpretation of the structural and informational characteristics of the mind maps and their use for analysis and perfection of student's knowledge is looked into. The possibility of assessment of the completeness and structure of the knowledge system formed in the course of study is discussed. The use of information and structural formulas of the mind map for assessment of changes in the structure of students' knowledge in the process of its formation is suggested. The results of testing of the mind map structural information model as a tool for assessment of the quality of students' knowledge are presented. Mind maps are used in the educational process for the formation and final assessment of students' knowledge on the academic subjects for secondary school "Computer Science and Information and Communication Technologies". The validity of the correlative mind maps as a means of evaluating the quality of knowledge is tested through correlation analysis of the results of knowledge test by using mind maps and other means of assessment. Statistically significant correlation between the structural and information characteristics of the mind maps, and the results of the final assessment of the students on the studied subject and the results of practical work are provided.

### Постановка проблемы

**П**роблема оценивания качества знаний обучающихся занимает важное место в дидактике. Особое значение она приобретает в условиях информатизации учебного процесса. Педагогическая практика последних лет свидетельствует о существенных изменениях в естественном интеллекте человека, обусловленных использованием современных информационно-коммуникационных технологий [1]. Учащиеся общеобразовательных школ и студенты профессиональных учебных заведений все в большей степени при обучении ориентируются на внешние запоминающие устройства, что приводит к ослаблению их способностей к запоминанию учебного материала, препятствует формированию логического мышления, целостного, системного представления об изучаемых объектах и процессах. Относительно легкий доступ к информации вытесняет у обучающихся потребность в систематическом изучении учебного материала, осознанном развитии собственных знаний. Индивидуальные знания по учебным дисциплинам зачастую носят фрагментарный характер.

Особенно важной в этой связи становится инструментальная поддержка учебной деятельности преподавателя, направленных на формирование системных, структурированных знаний. По мнению М. А. Чошанова [15], современная система оценивания должна отвечать ряду требований: гибкому сочетанию оценки знаний со стороны учителя, преподавателя и самооценки обучающимися собственных знаний; интеграции качественной и количественной оценки; возможности оценивать системность знаний; непрерывности оценки в процессе изучения учебного материала. Результатом такого оценивания должна быть количественно-качественная многомерная характеристика качества знаний.

В работах Л. Я. Зориной [4], В. В. Краевского [10], И. Я. Лернера [5], М. Н. Скаткина обоснован системно-структурный подход к описанию качества знаний. Качество знаний обучающихся рассматривается на трех уровнях – предметно-содержательном (воспроизведение отдельных сторон содержания обучения, воспроизведение связей между различными объектами содержания), содержательно-деятельностном (результаты закрепления и актуализации знаний, их перестройки и применения), на содержательно-личностном (результаты применения знаний в самостоятельной деятельности с использованием освоенного учебного материала).

Индивидуальные знания на предметно-содержательном уровне характеризуются полнотой, обобщенностью и системностью. Полнота знаний отражает результат воспроизведения известных обучающемуся признаков изучаемых объектов, необходимых и достаточных для объяснения сущности этих объектов. Обобщенность знаний характеризует результат воспроизведения и объяснения сущности объекта, полученные из осознания связи его признаков. При оценивании знаний необходимо учитывать уровень обобщенности учебного материала, правильность его воспроизведения. Системность знаний характеризует результат воспроизведения сущности связей и отношений двух или нескольких объектов изучения. При оценке системности знаний важно выявлять важнейшие связи и отношения между изучаемыми объектами по их назначению (функциональные связи), по происхождению связей (генетические), по структуре и взаимодействию (связи подчинения, включения и т.п.). Очевидно, что способность применять знания в различных ситуациях (на содержательно-деятельностном и содержательно-личностном уровнях) определяется прежде всего качеством знаний на предметно-содержательном уровне.

Традиционно качество знаний обучающегося на предметно-содержательном уровне проверяется не систематически и фрагментарно в ходе устного опроса на отдельных уроках или с помощью письменной проверочной работы (проверяется усвоение отдельных элементов содержания учебной дисциплины), что не позволяет своевременно корректировать знания, формировать нужную структуру.

Альтернативой традиционному подходу к оцениванию качества знаний могут быть тезаурусный, таксономический подходы [11; 12]. Качество знаний как системы проверяется на завершающем этапе изучения темы, раздела. Для оценки системности индивидуальных знаний требуются критериально-ориентированные тесты, которые, с одной стороны, адекватно и достаточно полно отображают содержание и структуру изучаемого учебного материала, с другой стороны – для обработки результатов тестирования требуют применения достаточно сложных статистических процедур, что сдерживает применение таких тестов в реальном учебном процессе.

Интерес представляют такие средства оценивания, которые позволяли бы наблюдать за развитием индивидуальной системы знаний по учебной дисциплине в ходе учебного процесса, своевременно ее корректировать [9].

Для поддержки познавательной деятельности обучающихся и оценочной деятельности преподавателя В. Э. Штейнберг [17] предложил использовать многомерные дидактические инструменты, позволяющие представить различные логические связи между элементами знаний, уплотнить и свернуть информацию, «перейти от неалгоритмизированных операций к алгоритмоподобным структурам мышления и деятельности». К преимуществам предложенных инструментов следует отнести то, что они опираются на закономерности мышления и представления знаний и «служат для адекватной экспликации и репрезентации знаний, оперирования ими, придания им материализованного характера, программирования и контроля их переработки и усвоения» [17]. Многомерность рассматривается как особое свойство визуального отображения знаний, реализуемое с помощью объединения значимых свойств изучаемого объекта или явления, с одной стороны, и, с другой стороны, согласуется с морфологическими особенностями головного мозга человека. Многомерные дидактические инструменты представляют собой «универсальные образно-понятийные модели для многомерного представления и анализа знаний на естественном языке во внешнем и внутреннем планах учебной деятельности» [17].

Для создания и использования таких инструментов в целях обучения и оценивания знаний обучающихся на предметно-содержательном уровне могут быть использованы интеллект-карты. Интеллект-карта представляет собой изображение информации в графическом виде, отражающее связи (смысловые, ассоциативные, причинно-следственные и другие) между понятиями, частями изучаемой предметной области [3]. Представление знаний с помощью интеллект-карт позволяет переходить от линейных структур учебного материала с характерными для них небольшими порциями, изучение которых разнесено во времени и пространстве и препятствует развитию системного представления и анализу знаний, к уплотнению и укрупнению содержания учебного материала, представлению его взаимосвязей с помощью многомерных нелинейных структур.

Возможности использования метода интеллект-карт в учебном процессе рассмотрены в многочисленных работах. Интеллект-карты применяются для решения различных задач: структурирования учебного материала [14], создания гибких персональных информационных образовательных сред [18], разработки блочно-модульных программ обучения [6] и т.п. Вместе с тем, проблема оценивания форми-

рующихся у обучающихся знаний с помощью интеллект-карт в практической деятельности учителя, преподавателя до конца не решена. Причина кроется, с одной стороны, в сложности самого объекта оценивания, сформированной у обучающихся при усвоении системы знаний. С другой стороны, предлагаемые различными авторами модели и методы оценивания знаний с помощью интеллект-карт либо достаточно сложны и требуют специализированных компьютерных программ, что сегодня малодоступно для большинства преподавателей [2; 16], либо предлагаются простые методы, использующие визуальную оценку структуры и содержания интеллект-карты без использования формализованных процедур, что не позволяет использовать в полной мере потенциал этого инструмента.

В работе предлагается рассмотреть интеллект-карту как средство оценивания качества знаний обучающихся с позиции структурно-информационного подхода. Такой подход, на наш взгляд, позволяет, с одной стороны, формализовать процедуру оценивания структуры и информативности интеллект-карты, с другой стороны, соотнести (сравнить) структурно-информационные характеристики индивидуальных интеллект-карт и «эталонной» карты и содержательно интерпретировать результаты их рассогласования.

### **Обоснование выбора структурно-информационной модели интеллект-карты**

В данной работе предлагается использовать интеллект-карту, с одной стороны, как логико-смысловую вербально-образную модель учебного материала, отображающую его содержание и структуру, с другой стороны – как модель индивидуальных знаний обучающихся.

А. М. Сохор, автор работы «Логическая структура учебного материала. Вопросы дидактического анализа» [13], предлагает рассматривать учебный материал с двух неразрывно связанных в учебном процессе сторон – психологической и логической. Психологическая сторона отражает мотивацию учения, меру самостоятельности обучающегося в учебной деятельности, личностный смысл и ценность изучаемого материала. С другой стороны, для формирования у обучающихся системы знаний, соответствующей требованиям программы учебной дисциплины, важна последовательность изложения учебного материала, представление взаимосвязей его элементов, его логической структуры. Понятие «учебный материал» трактуется как «структурное целое, определяемое, прежде всего, связями между входящими в этот материал логическими эле-

ментами» [13]. Можно говорить о глобальной структуре (на уровне дисциплины в целом) и локальных структурах учебного материала (на уровне раздела, темы, отдельного элемента содержания – понятия, суждения, умозаключения). При отборе содержания учебного материала необходимо определить, какие разделы и в какой последовательности будут изучаться, а в самом учебном процессе необходимо устанавливать связи между отдельными элементами содержания в отношении небольших по объему частях учебного материала. Таким образом, «содержание учебного материала характеризуется, прежде всего, определенной системой внутренних связей между понятиями, входящими в данный отрезок материала, то есть локальной структурой учебного материала» [там же]. К основным элементам учебного материала относятся понятия и суждения. Между понятиями и суждениями с точки зрения логики могут существовать отношения подчинения или отношения равнозначности. Термин «логическая структура учебного материала», введенный А. М. Сохором, условен и обозначает более широкий круг связей и отношений между понятиями и суждениями и не ограничивается только формально-логическими связями и отношениями.

В структуре учебного материала выделяются элементы (понятия и суждения) и связи между ними, что позволяет анализировать такие структуры как с качественной, так и с количественной сторон. Интеллект-карта с иерархической древовидной структурой позволяет отобразить логическую структуру учебного материала на разных уровнях с разной степенью детализации и полноты – от локального уровня до глобального. Структурные элементы интеллект-карты соответствуют элементам и связям учебного материала. Для моделирования и анализа логической структуры учебного материала, представленной в виде интеллект-карты, может быть использован язык графов.

#### **Использование интеллект-карт для представления индивидуальных знаний по учебной дисциплине**

При обучении происходит усвоение знаний обучающимися, то есть формирование и упрочение определенной системы связей между понятиями и суждениями. Каково качество индивидуальных знаний и как его можно оценивать? В данной работе качество знаний рассматривается на предметно-содержательном уровне. В своей статье «Качество учебных достижений: оценка и прогноз на основе результатов критериально-ориентированного тестирования» [7] мы рассматриваем качество знаний как квалитетическую категорию, что позволя-

ет представить его как «дерево свойств». Для визуализации знаний на предметно-содержательном уровне с использованием квалитетической модели предлагается использовать интеллект-карты. Репрезентация индивидуальных знаний осуществляется обучающимся при построении им интеллект-карты. Использование структурных формул графов позволяет определять системные характеристики знаний – их полноту, обобщенность, связность.

Таким образом, индивидуальные интеллект-карты могут отражать структуру индивидуального знания.

#### **Описание структурно-информационной модели интеллект-карты**

В учебном пособии В. П. Мизинцева «Проблема аналитической оценки качества и эффективности учебного процесса в школе» [8] представлена идея применения методов структурно-информационного анализа графов для изучения логико-смысловых структур рисунков. В данной работе предлагается рассмотреть интеллект-карту как специфический рисунок, отображающий относительно устойчивую иерархическую структуру смысловых элементов, связанных собой по принципу «вложенных объемов». В такой структуре можно однозначно выделить ее элементы (связи, пучки, смысловые элементы) и представить ее в виде графа. Для выявления и изучения логико-смысловой структуры специфического рисунка также целесообразно воспользоваться методами структурно-информационного анализа графов [8; 13].

Ниже приводится краткое описание структурно-информационной модели интеллект-карты. За основу взята модель, предложенная в работе В. П. Мизинцева [8] для изучения логико-смысловых моделей рисунков.

Пусть имеется  $J$  элементов, из которых образуется смысловая система с рангом связности пучков от  $r=1$  до  $r=J-1$ .

Связь между  $J$ , числом конечных элементов в системе  $n$  и числом однородных подсистем ( $a$ ) при  $r>1$  описывается суммой членов ряда геометрической прогрессии:

$$J = a(rn-1)(r-1)^{-1}. \quad (1)$$

Если  $a = 1$ , то

$$rn = (r-1)J+1, \quad (2)$$

что соответствует состоянию однородной смысловой структуры иерархического типа при ранге связности пучков  $r \geq 2$ .

Количество информации, приходящееся на один элемент однородной структуры, можно вычислить по формуле:

$$I = \log_2[(r-1)J+1], \quad (3)$$

С учетом того, что

$$\log_2[(r-1)J+1] = \log_2 e \cdot \ln[(r-1)J+1], \quad (4)$$

и

$$\log_2 e \approx 1,439 \quad (5)$$

формула (3) преобразуется к виду

$$I = \log_2 [(r-1)J+1] = 1,439 \ln [(r-1)J+1]. \quad (6)$$

Полное количество информации в смысловой структуре, образованной из  $J$  элементов, вычисляется по формуле:

$$G = I \cdot J = 1,439 J \cdot \ln [(r-1)J+1]. \quad (7)$$

размерность  $[G] = [\text{бит}]$ , размерность  $[I] = [\text{бит}/\text{сем.ед.}]$ .

Если смысловая структура неоднородна (пучки имеют разную степень связности), средний ранг пучков вычисляется по формуле:

$$r_{cp.} = (1/m) \sum_{i=1}^i r_i m_i, \text{ или } r_{cp.} = (1/m) J_c, \quad (8)$$

где  $m$  – количество всех пучков в структуре,  $m_i$  – число пучков с рангом связности

$r_i$ , при этом  $\sum_{i=1}^i m_i = m$ ,  $J_c$  – количество связей в данной структуре.

Учитывая формулу (8), выражение (7) можно записать так:

$$G = I \cdot J = 1,439 J \cdot \ln [(r_{cp.} - 1)J + 1]. \quad (9)$$

Древовидная структура называется абсолютно полной, если все ее конечные элементы равноудалены от вершины графа (элемента нулевого уровня, находящегося в центре структуры), то есть принадлежит одному уровню структуры. Для такой структуры полное количество информации можно вычислить по формуле (9). В других случаях (ветви структуры «развиты» в разной степени) вычисление по формуле (9) даст приближенное значение информации.

Уравнение (9) является частным случаем более общего уравнения с аналогичными параметрами.

Если обе части выражения (2) умножить на величину  $J$ , получим:

$$f(r, n, J) = (r_{cp.} - 1)J^2 + J. \quad (10)$$

С учетом (8) получим формулу для расчета абсолютного количества информации в смысловой структуре с числом элементов  $J$  и средним рангом пучков  $r_{cp.}$ :

$$S(J, r) = 1,439 J \cdot \ln [(r_{cp.} - 1)J^2 + J] \quad (11)$$

или

$$S(J, r) = 1,439 J \cdot \ln J + 1,439 J \cdot \ln [(r_{cp.} - 1)J + 1], \quad (12)$$

где первое слагаемое показывает количество информации, содержащейся в структуре с рангом связности пучка  $r = 1$ , второе слагаемое – количество информации в этой же структуре, начиная с ранга связности пучка  $1 \leq r < J-1$ .

Максимальная степень упорядоченности элементов в смысловой структуре соответствует случаю, когда все элементы соподчинены какому-либо одному из них, то

есть система представляет собой единственный пучок с рангом связности, равным  $r = J-1$ . При этом количество информации в системе максимально и равно:

$$S_{\text{макс.}} = 1,443 J \cdot \ln (J^3 - 2J^2 + J). \quad (13)$$

Относительный показатель упорядоченности элементов в системе выражается отношением:

$$\eta = (S/S_{\text{макс.}}) = (\ln [(r_{cp.} - 1)J^2 + J]) / (\ln [J^3 - 2J^2 + J]) \leq 1. \quad (14)$$

Для расчета относительного показателя упорядоченности элементов в индивидуальных интеллект-картах ( $\eta$ )<sub>югн</sub> за максимальное количество информации в системе может быть взято количество информации в эталонной интеллект-карте.

Абсолютное количество информации в индивидуальной интеллект-карте  $S(J, r)_i$  равно

$$S(J, r)_i = 1,439 J_i \cdot \ln J_i + 1,439 J_i \cdot \ln [(r_{cp.} - 1)J_i + 1], \quad (14)$$

Абсолютное количество информации в эталонной интеллект-карте  $S(J, r)_{\text{эм}}$  равно

$$S(J, r)_{\text{эм}} = 1,443 J_{\text{эм}} \ln J_{\text{эм}} + 1,443 J_{\text{эм}} \ln [(r_{cp.} - 1)J_{\text{эм}} + 1] \quad (15)$$

Относительный показатель упорядоченности элементов в структуре индивидуальной интеллект-карты будет равен

$$\eta_{\text{югн}} = S(J, r)_i / S(J, r)_{\text{эм}}. \quad (16)$$

При изучении учебного материала в структуре индивидуальных знаний обучающегося происходят изменения – добавляются новые элементы, появляются новые связи между ними. Изменения в структуре знаний происходят и при забывании учебного материала, часть информации утрачивается. Переход смысловой системы из одного состояния в другое сопровождается изменением ее логической структуры, а следовательно, и количества информации в этой структуре. Приращение количества информации в структуре рассчитывается по формуле (17) и может принимать положительное значение или отрицательное значение:

$$\Delta S(J, r) = S_2(J_2, r_2) - S_1(J_1, r_1) \quad (17)$$

### Алгоритм использования интеллект-карт как средства оценивания качества знаний

Для оценивания качества индивидуальных знаний обучающегося необходим эталон. В качестве такого эталона может быть использована интеллект-карта, которую преподаватель использует для предъявления обучающимся учебного материала. Эталонная интеллект-карта представляет собой логико-смысловую вербально-образную модель учебного материала, отображающую определенную совокупность элементов содержания, связанных между собой в виде древовидной структуры. Построение такой структуры в ходе

изучения нового материала возможно дедуктивным методом – от элементов высшего порядка к элементам низшего порядка. Элементы высшего порядка координируют смысловое пространство, элементы более низких порядков образуют ветви иерархии, отображающие логические связи между элементами содержания учебного материала. На карте отображается концентрически расширяющееся логико-смысловое пространство, в структуре которого выделяются уровни иерархии. На каждом выделенном уровне появляются новые элементы содержания, уточняющие (или детализирующие) свойства или качества объектов, представленных на предыдущих уровнях. Структура может строиться и просматриваться как «сверху вниз» (дедуктивный способ – от элементов высшего порядка к элементам низшего порядка), так и «снизу вверх» (индуктивный способ – от элементов низшего порядка к элементам высшего порядка). Очевидно, что смысловая структура может иметь неограниченное число уровней. Количество уровней в структуре и число элементов каждого уровня в «эталонной» карте определяется содержанием учебного материала, подлежащего усвоению обучающимися на данном этапе изучения дисциплины (определено в программе).

В индивидуальных интеллект-картах число уровней и смысловых элементов может быть больше, чем в «эталонной» карте (например, обучающийся выходит за рамки содержания учебного материала, подлежащего усвоению в соответствии с программой изучения дисциплины), или меньше, чем в «эталонной» карте (объем усвоенной информации меньше, чем в эталонной карте). Смысловая структура постепенно развивается по мере изучения учебного материала. «Движение» по карте должно быть в двух направлениях – как «сверху вниз», так и «снизу вверх». Важно, чтобы обучающиеся имели возможность работать с картой на всех этапах изучения учебного материала – этапе формирования собственных знаний, их закрепления при выполнении практических заданий, домашних заданий, контроле.

Обучающиеся на разных этапах изучения материала совместно с преподавателем составляют и развивают свои интеллект-карты. Контроль, самоконтроль и корректировка знаний осуществляется практически на каждом занятии с использованием интеллект-карт. На итоговом занятии обучающиеся воспроизводят по памяти знания и представляют их в виде интеллект-карты. Преподаватель анализирует индивидуальные карты с целью определения степени

усвоения учебного материала, оценки полноты и структуры сформированных знаний учащихся, сопоставляя представленные карты с заданной дидактической моделью («эталонной» картой).

Анализ и информационная оценка индивидуальной структуры знаний представляется достаточно сложной задачей. Использование интеллект-карт, отображающих индивидуальную структуру знаний, может несколько упростить ее решение. В учебном процессе возможно проведение поэлементного анализа смысловой структуры представленного в индивидуальной карте содержания с последующим построением графа и расчетом ее структурных и информационных характеристик. Интеллект-карта в силу своих особенностей допускает и непосредственный визуальный анализ.

Для расчета структурно-информационных характеристик интеллект-карт: использован следующий алгоритм:

1) определить по карте количество уровней в иерархии ( $z$ );

2) выделить смысловые единицы; сначала выделяется смысловая единица нулевого уровня, затем единицы первого и последующих уровней; определить общее количество смысловых единиц в структуре ( $J$ );

3) установить связи между выделенными смысловыми единицами на разных уровнях иерархического дерева (выделить линии, соединяющие отдельные элементы); определить общее количество связей между смысловыми единицами ( $J_c$ );

4) дифференцировать множество элементов на группы – выделить пучки в структуре карты; определить количество пучков в структуре ( $m$ );

5) вычислить средний ранг (среднее число связей на один пучок) – ( $r_{cp}$ );

6) вычислить абсолютное количество информации в структуре индивидуальной интеллект-карты  $S(J,r)_i$ ;

7) аналогично вычислить структурно-информационные характеристики «эталонной» интеллект-карты (повторить пункты 1–6);

8) вычислить относительный показатель упорядоченности смысловых элементов в интеллект-карте (относительная информативность индивидуальной карты);

9) сопоставить отдельные характеристики индивидуальной карты с характеристиками «эталонной» карты; дать содержательную интерпретацию результатов сравнительного анализа; выделить «проблемные зоны» в сформированных структурах знаний учащихся;

10) результаты анализа представить в виде таблицы (пример такой таблицы приведен ниже).

### Апробация модели и ее результаты

Предложенная модель использована для оценивания качества знаний учащихся 8-х классов по теме «Текстовый редактор» в курсе «Информатика и ИКТ». Для предъявления учебного материала использовалась эталонная интеллект-карта. После изучения темы учащимся было предложено выполнить практические работы, проверяющие их умения применить освоенные знания при решении задач, связанных с работой в текстовом редакторе. Результаты каждой работы оценивались с использованием традиционной пятибалльной шкалы. Итоговая оценка за практикум рассчитывалась

как отношение суммы набранных за практикум баллов к максимально возможному баллу. Также учащиеся выполнили тематический тест, отображающий содержание и структуру изученного учебного материала. По результатам тестирования для каждого учащегося был рассчитан индивидуальный относительный тестовый балл, косвенно характеризующий объем усвоенного учащимся учебного материала.

Структурно-информационные характеристики эталонной и индивидуальных интеллект-карт, а также результаты тестирования и выполнения практических работ показаны в таблице 1.

Таблица 1

**Результаты оценивания качества знаний с помощью интеллект-карты, теста и практических работ**

| Учащийся | Количество уровней в иерархии, $Z$ | Количество смысловых единиц в структуре, $J$ | Количество пучков в структуре, $m$ | Количество связей, $J_c$ | Средний ранг, $r_{ср.}$ | Количество информации, $S$ | Относительная информативность интеллект-карты, $\eta_{инт.к.}$ | Относительный тестовый балл | Относительный балл практикум |
|----------|------------------------------------|--|------------------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------|--|-----------------------------|------------------------------|
| У1       | 2                                  | 7  | 3                                  | 5                        | 1,7                     | 37,2                       | 0,03   | 0,20                        | 0,21                         |
| У2       | 3                                  | 8  | 3                                  | 7                        | 2,3                     | 52,4                       | 0,05   | 0,40                        | 0,45                         |
| У3       | 4                                  | 23   | 7                                  | 19                       | 2,7                     | 226,8                      | 0,2  | 0,47                        | 0,66                         |
| У4       | 4                                  | 24   | 7                                  | 20                       | 2,9                     | 242,3                      | 0,21   | 0,53                        | 0,68                         |
| У5       | 4                                  | 23   | 7                                  | 23                       | 3,3                     | 236,2                      | 0,21   | 0,93                        | 0,72                         |
| У6       | 3                                  | 25   | 5                                  | 22                       | 4,4                     | 276,8                      | 0,24   | 0,87                        | 0,7                          |
| У7       | 3                                  | 26   | 6                                  | 24                       | 4                       | 286,2                      | 0,25   | 0,73                        | 0,8                          |
| У8       | 3                                  | 27   | 6                                  | 24                       | 4                       | 300,1                      | 0,26   | 0,4                         | 0,5                          |
| У9       | 3                                  | 28   | 6                                  | 25                       | 4,2                     | 316,3                      | 0,28   | 0,87                        | 0,61                         |
| У10      | 3                                  | 28   | 5                                  | 20                       | 4                       | 314,2                      | 0,28   | 0,73                        | 0,64                         |
| У11      | 3                                  | 28   | 4                                  | 25                       | 6,3                     | 336,5                      | 0,3  | 0,67                        | 0,63                         |
| У12      | 3                                  | 30   | 6                                  | 27                       | 4,5                     | 349,1                      | 0,31   | 0,67                        | 0,78                         |
| У15      | 3                                  | 30   | 6                                  | 28                       | 4,7                     | 351,1                      | 0,31   | 1                           | 0,8                          |
| У14      | 4                                  | 31   | 8                                  | 30                       | 3,8                     | 352,9                      | 0,31   | 0,8                         | 0,78                         |
| У13      | 4                                  | 31   | 8                                  | 31                       | 3,9                     | 354,9                      | 0,31   | 0,73                        | 0,59                         |
| У16      | 4                                  | 33   | 8                                  | 33                       | 4,1                     | 387,7                      | 0,34   | 0,87                        | 0,83                         |
| У17      | 4                                  | 35   | 9                                  | 35                       | 3,9                     | 413,2                      | 0,36   | 0,93                        | 0,72                         |
| У18      | 3                                  | 36   | 6                                  | 31                       | 5,2                     | 446,8                      | 0,39   | 0,8                         | 0,68                         |
| У19      | 4                                  | 39   | 10                                 | 35                       | 3,5                     | 464,5                      | 0,41   | 0,67                        | 0,75                         |
| У20      | 4                                  | 46   | 12                                 | 46                       | 3,83                    | 577,9                      | 0,51   | 1                           | 0,9                          |
| У21      | 3                                  | 50   | 13                                 | 50                       | 3,85                    | 640,5                      | 0,56   | 0,6                         | 0,88                         |
| Эталон   | 5                                  | 79   | 20                                 | 90                       | 4,5                     | 1139,4                     | 1  | 1                           | 1                            |

Попарный корреляционный анализ относительного показателя информативности интеллект-карты ( $\eta_{инт.к.}$ ), результатов вы-

полнения теста и практических работ выявил между ними значимую положительную связь на уровне  $p \leq 0,01$ . Вывод очеви-

ден – чем «лучше» структура знаний (чем больше усвоено элементов содержания и больше связей между ними), тем лучше результаты выполнения практических работ, что позволяет сделать вывод о высокой относительной валидности интеллект-карты как средства оценивания знаний.

Структурно-информационный анализ дает возможность выявлять количественные различия в сложности интеллект-карт по совокупности их характеристик. Важно отметить, что при вычислении характеристик структуры не учитывается содержание смысловых элементов и связей между ними. Перспективной, с нашей точки зрения, представляется содержательная интерпретация результатов математического анализа структуры интеллект-карт. Особый интерес представляет связь относительной информативности интеллект-карты с выделяемыми в дидактике характеристиками знаний: их полнотой (сколько и какие элементы усвоены учащимся, какие элементы отсутствуют, отображение на карте «неправильных» (ошибочных) элементов), связностью (какие логические связи между элементами усвоены), обобщенностью (связь между смысловыми элементами одного уровня – рядоположенность, и элементами разных уровней (соподчинение)), наконец, системным (целостным) представлением об изучаемом объекте (выделение существенных характеристик изучаемого объекта, их функциональных, структурных и генетических связей).

Анализ интеллект-карт учащихся 8 класса по теме «Текстовый редактор» позволил выявить следующие особенности знаний обучающихся:

- подавляющее большинство учащихся (за исключением самых слабых) смогли выделить элементы первого уровня, что свидетельствует о сформированности представлений об основных функциях текстового редактора;
- элементы второго и последующих уровней представлены в картах с разной полнотой; учащиеся, в интеллект-картах которых отсутствовали элементы 2–4 уровней, испытывали затруднения при выполнении практических работ с использованием отдельных функций редактора;
- для большинства учащихся (около 70%) относительный коэффициент информативности находится в интервале от 0,30

до 0,50, что может свидетельствовать об усвоении ими учебного материала на минимально достаточном уровне;

- визуальный анализ карт позволяет выделять «неправильные» элементы, нарушенные логические связи между элементами разных уровней.

### Выводы

Традиционно используемые средства для оценивания качества знаний, такие как пересказ, описание, изложение и т.п. не дают возможности формализовать процедуру оценивания системности знаний обучающихся. Преимуществом предлагаемой модели оценивания является сочетание относительно простого визуального анализа индивидуальных интеллект-карт с относительно простой формализованной процедурой расчета ее структурных и информационных характеристик, что дает возможность определять относительный объем усвоенного обучающимися учебного материала, структуру сформированных знаний, выявлять недостающие смысловые элементы и нарушенные логические связи в структуре знаний. Использование интеллект-карт в процессе изучения учебного материала позволяет своевременно корректировать формирующуюся систему знаний у обучающихся.

Таким образом, совместное применение метода интеллект-карт со структурно-информационными методами анализа графов позволяет рассматривать интеллект-карты, отображающие структуру и содержание учебного материала, с одной стороны, и индивидуальные знания обучающихся, с другой стороны, как средства оценивания знаний на предметно-содержательном уровне. Результатом такого оценивания является количественно-качественная многомерная характеристика качества знаний, позволяющая выявить системность знаний, их полноту и структуру; гибко сочетать оценку знаний со стороны учителя, преподавателя и самооценку обучающимися собственных знаний; оценивать динамику формирования знаний обучающихся.

Апробация структурно-информационной модели интеллект-карты выявила перспективность ее использования в оценочной деятельности преподавателя, учителя.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева И. Ю., Никитина Е. А. Интеллект и технологии : монография. – М. : Проспект, 2016. – 96 с.
2. Асауленко Е. В. Тестирование знаний учащихся на основе машинного анализа ментальных карт [Электронный ресурс] // Вестник КГПУ им. В. П. Астафьева. – 2013. – № 4 (26). – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/testirovanie-znaniy-uchaschihsya-na-osnove-mashinnogo-analiza-mentalnyh-kart> (дата обращения: 20.04.2017).
3. Бьюзен Т., Бьюзен Б. Интеллект-карты. Практическое руководство. – М. : Пошпури, 2010. – 352 с.
4. Зорина Л. Я. Системность – качество знаний. – М. : Знание, 1976. – 64 с.
5. Лернер И. Я. Качество знаний учащихся. Какими они должны быть? – М. : Знание, 1978. – 48 с.
6. Мамонтова М. Ю. Электронные интеллект-карты как средство создания и реализации модульных программ обучения // Педагогическое образование в России. – 2016. – № 7. – С. 44–51.



7. Мамонтова М. Ю. Качество учебных достижений: оценка и прогноз на основе результатов критериально-ориентированного тестирования // Образование и наука. – 2009. – № 3. – С. 18–26.
8. Мизинцев В. П. Проблема аналитической оценки качества и эффективности учебного процесса в школе : учеб. пособие. Ч.1. – Куйбышев : Куйбышевский гос. пед. ин-т., 1979. – 107 с.
9. Свалова Т. А., Мамонтова М. Ю. Интеллект-карта как средство формирующего оценивания знаний // Актуальные вопросы преподавания математики, информатики и информационных технологий. – Екатеринбург : Изд-во Урал.гос.пед.ун-та, 2016. – С. 86–96.
10. Скаткин М. Н., Краевский В. В. Качество знаний учащихся и пути его совершенствования. – М. : Педагогика, 1978. – 208 с.
11. Снигирева Т. А. Основы качественной технологии диагностики структуры знаний обучаемых / под ред. В. С. Черепанова. – М. – Ижевск : Исслед. центр проблем качества подготовки специалистов ; Экспертиза, 2006. – 128 с.
12. Снигирева Т. А., Комкова О. Г., Баранова Л. В. Структурирование как фактор повышения качества формирования знаний студентов // Вестник ВГТУ. Серия : Проблемы качества повышения специалистов. – 2010. – Т. 6. – № 10 – С. 104–110.
13. Сохор А. М. Логическая структура учебного материала. Вопросы дидактического анализа. – М. : Педагогика, 1974. – 192 с.
14. Стариченко Б. Е., Мамонтова М. Ю., Слепухин А. В. Методика использования информационно-коммуникационных технологий в учебном процессе. Ч. 3. Компьютерные технологии диагностики учебных достижений : учеб. пособие / под ред. Б. Е. Стариченко. – Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. пед. ун-та, 2014. – 179 с.
15. Чошанов М. А. Инженерия обучающих технологий. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 239 с.
16. Шихнабиева Т. Ш. Адаптивные семантические модели автоматизированного контроля знаний // Педагогическое образование в России. – 2016. – № 7. – С. 14–20.
17. Штейнберг В. Э. Дидактические многомерные инструменты: Теория, методика, практика. – М. : Народное образование, 2002. – 304 с.
18. Mamontova M., Starichenko B., Novoselov S., Kusova M. Use of Electronic Mind Maps For Creation Of Flexible Educational Information Environments // Smart Innovation, Systems and Technologies. – 2016. – Т. 59. – P. 605–615.

#### REFERENCES

1. Alekseeva I. Yu., Nikitina E. A. Intellect i tekhnologii : monografiya. – М. : Prospekt, 2016. – 96 s.
2. Asaulenko E. V. Testirovanie znaniy uchashchikhsya na osnove mashinnogo analiza mental'nykh kart [Elektronnyy resurs] // Vestnik KGPU im. V. P. Astaf'eva. – 2013. – № 4 (26). – Rezhim dostupa: <http://cyberleninka.ru/article/n/testirovanie-znaniy-uchashchikhsya-na-osnove-mashinnogo-analiza-mentalnykh-kart> (data obrashcheniya: 20.04.2017).
3. B'yuzen T., B'yuzen B. Intellect-karty. Prakticheskoe rukovodstvo. – М. : Poppuri, 2010. – 352 s.
4. Zorina L. Ya. Sistemnost' – kachestvo znaniy. – М. : Znanie, 1976. – 64 s.
5. Lerner I. Ya. Kachestva znaniy uchashchikhsya. Kakimi oni dolzhny byt'? – М. : Znanie, 1978. – 48 s.
6. Mamontova M. Yu. Elektronnye intellekt-karty kak sredstvo sozdaniya i realizatsii modul'nykh programm obucheniya // Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii. – 2016. – № 7. – S. 44–51.
7. Mamontova M. Yu. Kachestvo uchebnykh dostizheniy: otsenka i prognoz na osnove rezul'tatov kriterial'no-orientirovannogo testirovaniya // Obrazovanie i nauka. – 2009. – № 3. – S. 18–26.
8. Mizintsev V. P. Problema analiticheskoy otsenki kachestva i effektivnosti uchebnogo protsessa v shkole : ucheb. posobie. Ch.1. – Kuybyshev : Kuybyshevskiy gos. ped. in-t., 1979. – 107 s.
9. Svalova T. A., Mamontova M. Yu. Intellect-karta kak sredstvo formiruyushego otsenivaniya znaniy // Aktual'nye voprosy prepodavaniya matematiki, informatiki i informatsionnykh tekhnologiy. – Ekaterinburg : Izd-vo Ural. gos. ped. un-ta, 2016. – S. 86–96.
10. Skatkin M. N., Kraevskiy V. V. Kachestvo znaniy uchashchikhsya i puti ego sovershenstvovaniya. – М. : Pedagogika, 1978. – 208 s.
11. Snigireva T. A. Osnovy kvalitativnoy tekhnologii diagnostiki struktury znaniy obuchaemykh / pod red. V. S. Cherepanova. – М. – Izhevsk : Issled. tsentr problem kachestva podgotovki spetsialistov ; Ekspertiza, 2006. – 128 s.
12. Snigireva T. A., Komkova O. G., Baranova L. V. Strukturirovanie kak faktor povysheniya kachestva formirovaniya znaniy studentov // Vestnik VGTU. Seriya : Problemy kachestva povysheniya spetsialistov. – 2010. – Т. 6. – № 10 – S. 104–110.
13. Sokhor A. M. Logicheskaya struktura uchebnogo materiala. Voprosy didakticheskogo analiza. – М. : Pedagogika, 1974. – 192 s.
14. Starichenko B. E., Mamontova M. Yu., Slepukhin A. V. Metodika ispol'zovaniya informatsionno-kommunikatsionnykh tekhnologiy v uchebnom protsesse. Ch. 3. Komp'yuternye tekhnologii diagnostiki uchebnykh dostizheniy : ucheb. posobie / pod red. B. E. Starichenko. – Ekaterinburg : Izd-vo Ural. gos. ped. un-ta, 2014. – 179 s.
15. Choshanov M. A. Inzheneriya obuchayushchikh tekhnologiy. – М. : BINOM. Laboratoriya znaniy, 2011. – 239 s.
16. Shikhnabieva T. Sh. Adaptivnye semanticheskie modeli avtomatizirovannogo kontrolya znaniy // Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii. – 2016. – № 7. – S. 14–20.
17. Shteynberg V. E. Didakticheskie mnogomernye instrumenty: Teoriya, metodika, praktika. – М. : Narodnoe obrazovanie, 2002. – 304 s.
18. Mamontova M., Starichenko B., Novoselov S., Kusova M. Use of Electronic Mind Maps For Creation Of Flexible Educational Information Environments // Smart Innovation, Systems and Technologies. – 2016. – Т. 59. – P. 605–615.