
О КОМПЬЮТЕРНОЙ МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ СИСТЕМЫ БАЗОВЫХ ПОНЯТИЙ, СФОРМИРОВАВШЕЙСЯ У СТУДЕНТОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КУРСА

Евгений Еремин

Abstract: This paper considers the experimental research of interconnections between the basic concepts, formed after learning of the educational course. The special computer technique for estimation of students' knowledge entirety was developed and successfully tested. New original mode of experimental data visualization is proposed. Several interesting pedagogical regularities were found by means of checking how students have digested the main concepts of the course.

Keywords: entirety, concept, knowledge structure, education, course.

ACM Classification Keywords: K.3.1 Computer Uses in Education; I.2.6 Learning – Knowledge acquisition.

Conference: The paper is selected from Fourth International Conference "Modern (e-) Learning" MeL 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009

Введение

Во всех книгах по педагогике, начиная с трудов ее классиков и кончая современными учебниками, систематичность и последовательность всегда отмечаются в качестве важнейших основополагающих принципов образования. «Человек только тогда обладает настоящим и действительным знанием, когда в его мозгу отражается четкая картина внешнего мира, представляющая систему взаимосвязанных понятий;... если не соблюдать системы и последовательности в обучении, то процесс развития учащихся замедляется.» [1] При этом подчеркивается, что «сформировавшаяся система знаний – важнейшее средство предотвращения их забывания. Забытые знания быстро восстанавливаются в системе, без нее – с большим трудом. ... Не забывайте совет Я.А. Коменского: все должно вестись в неразрывной последовательности, так, чтобы все сегодняшнее закрепляло вчерашнее и пролагало дорогу для завтрашнего.»

Известный российский преподаватель А.Г. Кушниренко, который является автором нескольких учебников по информатике, обобщил идеи о необходимости единства всего процесса обучения следующим емким и точным тезисом: учащиеся должны «освоить такой минимум знаний, накопленных человечеством, **который позволяет составить целостное представление об окружающем мире, природе и обществе**» [2].

Взаимосвязь системы понятий каждого конкретного учебного курса во многом определяет успешность обучения, а целостность учебного материала всегда называется в качестве обязательного педагогического требования. Так в работе [3], рассматривающей дидактические проблемы отбора научных знаний в учебник, целостность содержания курса выделяется в качестве второго по значимости принципа (сразу после необходимости отражения в учебном предмете содержания науки). Приведем более подробную цитату: «При конструировании научно-предметного содержания надо ориентироваться на целостность его отражения в учебнике. ... Целостность всего курса реализуется в научной картине мира. Целостность отражения разных элементов знаний реализуется через их состав и структуру.»

Для однозначности предмета обсуждения договоримся под **целостностью системы понятий** преподаваемого курса понимать наличие принципиально важных связей между всеми его базовыми категориями. Из данного определения с очевидностью вытекает, что те студенты, которые видят большее количество ассоциаций между изучаемыми терминами, имеют большую степень целостности знаний, и, следовательно, лучше усвоили данный учебный курс.

В данной работе сделана попытка экспериментальным путем исследовать у студентов структуру взаимосвязи понятий по курсу «Архитектура ЭВМ». Разработана и опробована компьютерная методика, позволяющая оценить степень связанности базовых понятий, которые сформировались у них в ходе изучения материала. Предложен и опробован ряд количественных критериев, характеризующих целостность знаний; описан новый комплексный способ графического представления результатов исследования. Выявлены некоторые педагогические особенности усвоения студентами системы базовых понятий курса.

Общая схема исследования системы понятий

Для определения целостности системы понятий курса «Архитектура ЭВМ», изучаемого студентами нашего университета, была разработана и реализована следующая стратегия.

1. Пользуясь существующими учебниками (см., например, книги [4-7]) и личным опытом преподавания [8], автором был сформирован список системы базовых понятий и терминов. Предполагалось, что именно степень усвоения данного набора понятий во многом свидетельствует об успешности изучения курса.
2. Опираясь на те же источники, между элементами списка были зафиксированы наиболее важные связи. Данная часть работы носила в основном оценочный характер и имела целью представить себе ту картину, к которой должен подойти (или стремиться подойти) добросовестный студент. Результаты проведенного анализа и систематизации содержания курса были отражены в публикациях автора [9, 10].
3. Была написана компьютерная программа, назначение которой состояло в том, чтобы проверить имеющиеся у студентов ассоциации между понятиями и зафиксировать их в виде файла, пригодного для дальнейшего компьютерного анализа. Программа использовала в качестве входных данных список терминов, полученный в результате выполнения пункта 1, и список связей, выработанный в ходе анализа в пункте 2.
4. Другая компьютерная программа позволяла преподавателю-экспериментатору проанализировать результаты проверки знаний студентов, которые были получены на предыдущем этапе, и выдать разнообразную статистику. Позднее программная часть была расширена для получения графического представления полученных данных.

Рассмотрим теперь особенности каждого из этапов работы более подробно.

Методика организации эксперимента

Список базовых понятий курса архитектуры, использованный в качестве экспериментальной базы, содержал более 120 терминов. В него были отобраны как наиболее общие понятия – *компьютер, программная и аппаратная часть, теоретические основы*, так и более конкретные термины, раскрывающие их, например, *операционная система, процессор, память, прямой доступ к памяти, принцип иерархии, байт* и многие другие. В список также вошли термины, реализующие межпредметные связи, например, с микроэлектроникой, логикой и системами счисления. С другой стороны, в перечень

терминов сознательно не были включены названия конкретных операционных систем, внешних устройств и их производителей, а также другая подобная информация, которая является менее существенной с точки зрения изучения главных закономерностей курса. Используя стандартную терминологию, принятую в объектно-ориентированном программировании, можно сказать, что рассматривались классы понятий, но не их экземпляры.

Таким образом, был выделен достаточно широкий перечень базовых понятий, которые с точки зрения преподавателя должен знать и понимать грамотный студент. Перечень получился весьма объемным, так что впоследствии при проведении эксперимента оказалось, что реальные студенты активно использовали в своих ответах немногим более половины предложенного списка.

Следующим шагом были проанализированы **связи между отобранными терминами**. Нетривиальный результат состоял в том, что удалось обойтись весьма ограниченным набором связей. В него вошли стандартные отношения между понятиями, например, *часть/целое* или *класс/подкласс*, а также некоторые специфические для курса связи вроде *основание (принципы иерархии и адресации – основание – память, программный счетчик – основание – основной алгоритм исполнения инструкции)* или *соединение*. Полная таблица связей с конкретными примерами для каждой приведена в публикациях [9, 10]: она состоит всего из 11 базовых ассоциаций.

Опубликованные ранее результаты анализа содержания курса представляют самостоятельный интерес. С точки зрения данной работы, сформированные списки являются исходной информацией, которая будет использоваться в ходе проверки целостности знаний студентов в изучаемой предметной области. Поскольку проверка будет проводиться в компьютеризированном варианте, списки базовых понятий и связей, которые служат входными данными для контролирующей программы, представлялись в виде двух текстовых файлов.

Перейдем теперь к описанию **компьютерной программы проверки знаний студентов**. Она создана в среде программирования Delphi и является достаточно простой. Имеется три списка (см. рис. 1), пользуясь которыми студент формирует связь вида

термин 1 – связь – термин 2

(например, *процессор – часть/целое – регистр*, что легко расшифровать как фразу «процессор и регистр связаны отношением часть/целое» или, точнее говоря, «регистр есть часть процессора»). Сформировав очередную связанную пару, студент фиксирует ее путем нажатия на управляющую кнопку «Запомнить». При этом сконструированный текст добавляется в многострочное текстовое поле, которое расположено в нижней части окна.

Помимо загруженного из файла заранее подготовленного перечня ассоциаций, в программу заложена потенциальная возможность ввести дополнительный (не предусмотренный автором) вид связи между понятиями, для чего в окне имеется переключатель и поле для ввода нового названия. Как показал эксперимент, студенты не пользовались данной альтернативой, предпочитая выбирать тип связи из имеющегося списка.

Когда работа закончена, студент сохраняет набранные результаты в виде текстового файла, предназначенного для дальнейшего компьютерного анализа. Отметим, что тестирование знаний проводилось дважды – перед изучением курса и после него: цель состояла в попытке сравнения этих результатов для оценки эффективности освоения курса.

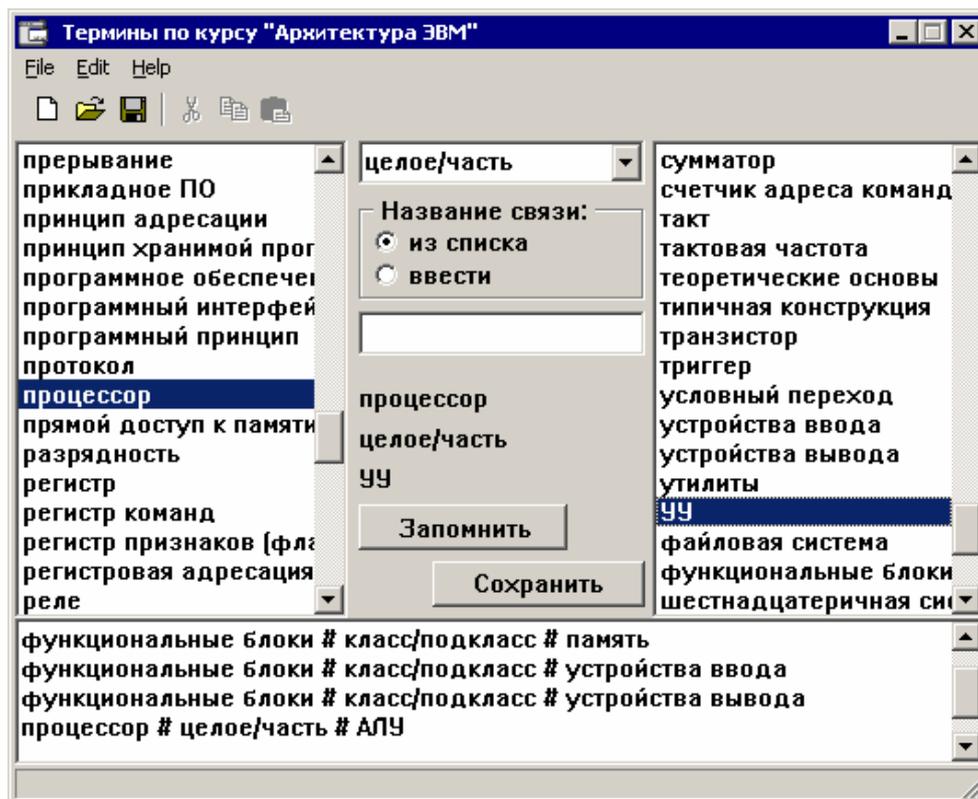


Рис. 1

Наконец, на последнем этапе полученные текстовые файлы с результатами подвергались **компьютерной обработке другой программой**. Ее главной целью являлось выявление связанных групп понятий для каждого студента. Например, встретив в файле связи *функциональные блоки – класс/подкласс – процессор*, *функциональные блоки – класс/подкласс – память*, *функциональные блоки – класс/подкласс – устройства ввода* и *функциональные блоки – класс/подкласс – устройства вывода* программа объединяла все пять фигурирующих в них понятий в одну группу. К этой же группе позднее добавлялись другие понятия: связи *процессор – часть/целое – АЛУ* и *процессор – часть/целое – УУ* присоединяли к этой группе еще два термина - арифметико-логическое устройство и устройство управления.

В идеале все понятия курса взаимосвязаны, что подтверждал тестовый запуск программы, в котором ей «предъявлялся» тщательно подготовленный авторский файл, построенный по полным результатам публикаций [9, 10]. Эксперимент показал, что реальные студенческие файлы представляли собой более разрозненную картину, состоящую из некоторого количества изолированных групп понятий, причем отдельные группы были очень малы. Отметим, что чем выше степень фрагментации, тем более «обрывочны» знания студента.

Непосредственная экспериментальная проверка степени целостности системы понятий проводилась следующим образом.

Оценивались знания студентов третьего курса физического факультета при изучении курса «Архитектура ЭВМ». Контроль проводился дважды: в начале и в конце семестра, то есть до и после изучения курса. К сожалению, количество студентов, изучавших курс и принявших участие в эксперименте, было невелико. Некоторые студенты по уважительной причине пропустили одно из тестирований, так что их результаты оказались неполными и не могли быть учтены.

Чтобы искусственно не улучшить результаты, студентам не сообщалось, что целью эксперимента является выявление целостности системы понятий. Говорилось просто, что у них проверяется степень усвоения материала. В инструктаже предлагалось не столько задумываться над тем, как именно будут оцениваться результаты, сколько стараться максимально полно отразить свои знания.

Поскольку студентам не рассказывалось ранее о типах связей между понятиями, им предлагалось перед началом работы ознакомиться со специальной таблицей, в которую были сведены все одиннадцать понятий с многочисленными примерами на каждое. Результаты показали, что этого было недостаточно, и студенты плохо различали типы связей. Часто они путали даже классические *часть/целое* и *класс/подкласс*, не говоря уже об остальных видах связей. Поскольку с точки зрения цели эксперимента – общей оценки связности системы понятий, конкретные разновидности связей не так важны, было принято решение на начальном этапе экспериментов пренебречь ошибками в этой части задания и просто фиксировать факт наличия связи. Данное упрощение методики заметно облегчало процесс обработки и анализа результатов.

Время на выполнение задания не ограничивалось, работа завершалась индивидуальным образом по желанию студента. По-видимому, это вносило элемент неопределенности в методику, так как некоторые студенты действительно указывали все связи, которые знали, а другие просто уставали и завершали работу. Выполнение задания в среднем занимало у студентов около часа. По наблюдениям за процессом компьютерной проверки, реакция студентов на выполняемую работу была весьма нейтральной («вот и еще одно задание получили»), и особых затруднений сама процедура проверки не вызывала.

Обсуждение результатов

Как следует из изложенной выше методики проведения эксперимента, его результатом является текстовый файл, состоящих из пар понятий, объединенных друг с другом связью некоторого типа. Выше уже отмечалось, что на данном этапе исследования тип связи не учитывался. Для обработки итоговых файлов была написана специальная программа, которая объединяла связанные понятия в группы и затем вычисляла те или иные статистические характеристики.

Рассмотрим, какие именно величины можно попробовать принять за характеристики степени целостности системы понятий у студента.

В качестве первичных параметров очевидным образом возникает *общее количество терминов* и *общее количество связей* между ними, которые найдены в файле результатов конкретного студента. Их отношение, имеющее смысл *среднего количества связей на одно понятие*, также можно ввести в рассмотрение. Очевидно, что чем больше величина указанных показателей, тем лучше студент усвоил материал.

Еще одну группу параметров можно построить на базе распределения терминов по группам. Здесь предлагается *общее число групп понятий* (оно должно быть по возможности меньше, в идеале вообще все термины должны сформировать единственную группу) и *размер максимальной группы понятий* (этот показатель хочется видеть как можно больше). Дополнительно можно взять отношение общего числа терминов к числу групп, т.е. *средний размер группы*, который при хорошем усвоении курса ожидается получить большим.

Все перечисленные характеристики были вычислены для каждого из студентов, а затем сопоставлены для проверок, проведенных до начала курса и после его сдачи. Наиболее интересными оказались результаты для **среднего размера группы терминов**. К сожалению, ограниченное количество студентов,

участовавших в эксперименте, не позволяет с полной уверенностью утверждать, что данный показатель является наилучшей интегральной характеристикой процесса.

Диаграмма значений для выбранного показателя приведена на рис. 2. Рассмотрим ее содержимое подробнее.

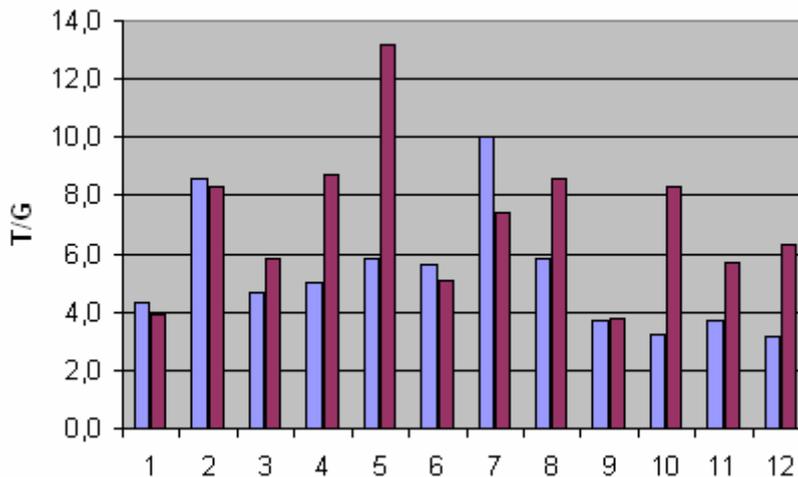


Рис. 2

На рисунке изображены результаты проверки целостности знаний у 12 студентов (точки на оси абсцисс помечены их условными номерами от 1 до 12). Вдоль оси ординат отложены столбцы, пропорциональные величинам среднего размера групп понятий, т.е. отношение полного числа терминов T к числу сформированных из них групп G . Столбик слева – это данные в начале освоения курса, а справа – после его завершения.

Важная особенность диаграммы состоит в том, что студенты на ней упорядочены в соответствии с некоторым рейтингом: критерием такого расположения явилось время сдачи всех практических заданий. При этом студенты, которые имеют меньшие номера, завершили курс раньше, т.е. продемонстрировали в ходе его освоения лучшие результаты. Субъективные наблюдения за ходом выполнения заданий и беседы, которые проводились при их приеме, подтверждают справедливость выбранного в качестве меры успешности критерия, по крайней мере, для данной группы студентов.

Теперь проанализируем величину среднего числа понятий в группе, а точнее, ее изменение в связи с завершением изучения курса. Из рисунка отчетливо видно, что у разных студентов характер изменения показателя весьма различен. У некоторых студентов (см., например, номера 1, 2, 6, 9) в результате прохождения курса показатели практически сохранили свои значения, зато у других (4, 5 и 10-12) они заметно выросли. Обращает на себя внимание следующая интересная особенность: у всех слабых студентов размер групп терминов вырос, т.е. связность их знаний улучшилась, а у самых сильных, напротив, изменения не очень существенны. По-видимому, последний факт можно интерпретировать как хорошую предварительную подготовку – студенты еще до начала курса имели определенное представление об архитектуре компьютера. К сожалению, имеющихся данных пока недостаточно для надежной фиксации замеченного наблюдения в качестве педагогической закономерности.

Обратим также внимание на числовую величину среднего размера группы. Как следует из рис. 2, лучший результат для изучаемой группы студентов приблизительно равен 13, тогда как в идеальном случае для использованного в эксперименте набора терминов (более 100) при единственной группе его величина также должна превышать указанное числовое значение.

Рассмотрим также еще одну – принципиально новую – форму визуального представления оценки целостности системы понятий, вид которой для той же самой группы студентов приведен на рис. 3.

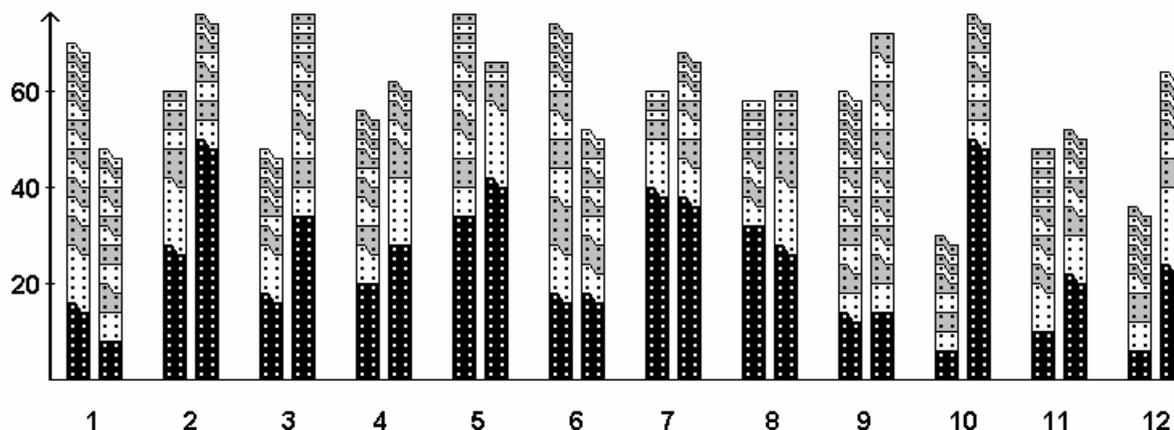


Рис. 3

Данная «пятнистая» диаграмма построена следующим образом. Каждая точка в столбце диаграммы – это одно понятие. Столбец разделен на полосы, которые являются графическим представлением сформировавшихся у студента групп понятий. Для улучшения наглядности группы имеют чередующуюся белую и серую окраску, а нижняя, самая большая, которая образует своеобразное базовое ядро курса, – черную. Нетрудно также заметить, что группы во всех столбцах упорядочены по величине, так что самая большая группа находится внизу, а самые маленькие, состоящие из 2-3 понятий – в верхней части столбика.

Таким образом, предлагаемая в данной работе комплексная визуальная форма представления информации сочетает в себе следующие сведения:

- высота столбика пропорциональна общему числу усвоенных понятий, которые имеют хотя бы одну связь с другими понятиями;
- количество разноцветных областей характеризует степень «разрозненности» (фрагментарности) системы понятий;
- размер групп связанных понятий (на рисунке характеризуется площадью соответствующих областей) также свидетельствует о целостности представлений в той или иной части курса;
- размер нижней, самой большой, области (на рис. 3 она выделена черным) отражает объем базового блока понятий курса.

Напомним, что в идеале диаграмма должна представлять однородный (состоящий из одной группы) столбик черного цвета, причем его высота для списка, применяемого в наших экспериментах, должна соответствовать более чем 120 терминам, т.е. почти вдвое выше, чем это получалось на практике.

Наконец, несколько практических выводов, которые можно сделать, глядя на рис. 3, по поводу успешности освоения курса студентами. Результаты студентов под номерами 4-9 и 11 (нумерация та же самая, как на рис. 2) выглядят слабо изменившимися в результате освоения курса, причем из этого списка студенты 4, 5 и 11 выделяются тем, что структура их диаграмм несколько улучшилась: количество полос уменьшилось, а их ширина, напротив, возросла. Зато студенты 2, 3, 10, 12 демонстрируют более заметное улучшение показателей. И еще одно наблюдение. У некоторых студентов высота столбиков, зависящая от количества вошедших в систему усвоенных понятий, после изучения курса немного уменьшилась, особенно для номеров 1 и 6. Можно предположить, что этот парадокс объясняется

стремлением выполнить повторное тестирование формально и быстрее получить зачет. Конечно, данное предположение нуждается в дальнейшей экспериментальной проверке.

Заключение

Разработана и реализована компьютерная методика, которая позволяет проводить экспериментальное исследование целостности системы базовых понятий конкретного учебного курса. Методика была опробована на примере изучения студентами курса «Архитектура ЭВМ» и продемонстрировала свою работоспособность. Для представления результатов в работе предложена оригинальная форма визуального представления данных, которая наглядно отражает структуру взаимосвязи понятий у студентов. В ходе исследования были получены некоторые предварительные педагогические результаты, например, об особенностях повышения целостности системы знаний у студентов с различным уровнем подготовки. Работы по совершенствованию методики исследования и более детальному изучению процесса формирования системы базовых понятий у студентов будут продолжены.

Благодарности

Статья частично финансирована из проекта **ITHEA XXI** Института Информационных теории и Приложений FOI ITHEA и Консорциума FOI Bulgaria (www.ithea.org, www.foibg.com).

Bibliography

1. И.П. Подласый. Педагогика: Новый курс. Кн. 1: Общие основы. Процесс обучения. Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, Москва, 2002.
2. А.Г. Кушниренко. Несколько замечаний о школьной информатике в России 1998 года. Информатика ("Первое сентября"), N 16, 1998.
3. Л.Я. Зорина. Учебники по основам наук. В: Каким быть учебнику: Дидактические принципы построения. Ч.2. Москва, 1992.
4. Э. Таненбаум. Архитектура компьютера. Питер, Санкт-Петербург, 2003. (A.S. Tanenbaum. Structured computer organization. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1998)
5. К. Хамахер, З. Вранешич, С. Заки. Организация ЭВМ. Питер, Санкт-Петербург; Издательская группа BHV, Киев, 2003. (С. Hamacher, Z. Vranesic, S. Zaky. Computer organization. McGraw-Hill, New York, 2001)
6. Б.Я. Цилькер, С.А. Орлов. Организация ЭВМ и систем. Питер, Санкт-Петербург, 2004.
7. В.Л. Бройдо, О.П. Ильина. Архитектура ЭВМ и систем. Питер, Санкт-Петербург, 2006.
8. Е.А. Еремин. Популярные лекции об устройстве компьютера. BHV-Петербург, Санкт-Петербург, 2003.
9. E.A. Eremin. Using Topic Map Technology in the Planning of Courses from the CS Knowledge Domain. In: Proc. Seventh Baltic Sea Conference on Computing Education Research (Koli Calling 2007). CRPIT, 88. ACS, 2007
10. Е.А. Еремин. Анализ содержательной линии "Компьютер" курса информатики с применением компьютерных средств представления знаний. Информатика ("Первое сентября"), N 9, 2008.

Author's Information

Evgeny A. Eremin – Senior lecturer, Perm State Pedagogical University, 614990, Sibirskaya st., 24, Perm, Russia; e-mail: eremin@pspu.ac.ru