

ШКОЛЬНО-ВУЗОВСКИЙ КЛАСТЕР ДИСЦИПЛИН КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ РАСЧЕТНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО КОМПОНЕНТА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МЫШЛЕНИЯ

И. В. Баженова¹, М. М. Клунникова¹, Н. И. Пак²

¹ Сибирский федеральный университет

660041, Россия, г. Красноярск, Свободный пр-т, д. 79

² Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева

660049, Россия, г. Красноярск, ул. Ады Лебедевой, д. 89

Аннотация

Актуальность проблемы. В силу разнородности концепций и разного содержания образовательных программ школы и вуза возникает серьезная проблема преемственности и непрерывности системы образования «по вертикали» в целом и предметного обучения в частности. Другая дидактическая проблема — необходимость обеспечения междисциплинарных связей базовых курсов в традиционной дисциплинарной модели учебного процесса для более эффективного и целесообразного формирования у студентов определенных групп компетенций. В этой связи представляет интерес создание новых организационно-содержательных подходов к подготовке специалистов без существенной перестройки традиционного учебного процесса.

Цель работы — обоснование коллаборационной модели предметной подготовки обучающихся в условиях школьно-вузовского кластера дисциплин, обеспечивающей непрерывность и преемственность обучения в школе и вузе.

Методологическая основа. На примере трех дисциплин: «Программирование», «Численные методы», «Информационные технологии в образовании» спроектирована и реализована кластерная модель обучения школьников и студентов по направлению подготовки «Математика и компьютерные науки». Примечательной особенностью рассматриваемого школьно-вузовского кластера дисциплин является единая методическая база целевых, содержательных и дидактических элементов, формирующих и развивающих расчетно-алгоритмический компонент вычислительного мышления обучающихся. Основу средств и методов обучения в кластере составляют когнитивные техники и платформа вычислительных и алгоритмических примитивов, обеспечивающих формирование практических заданий разных уровней, соответствующих школьным и вузовским предметным дисциплинам. В методиках кластерного предметного обучения школьников и студентов применяется рекурсивный подход.

Результаты и выводы. Модель созданного кластера дисциплин «Программирование — Численные методы — ИКТ в образовании» способствует формированию и развитию расчетно-алгоритмического компонента вычислительного мышления школьников и студентов, а также формирует у них заданные группы компетенций.

Школьно-вузовский кластер дисциплин обеспечивает реальную преемственность и непрерывность школьного и вузовского образования, без излишних, порой искусственных, трудозатратных дополнительных организационных и методических средств и приемов.

Рассматриваемый подход может быть использован для создания кластеров дисциплин по различным образовательным направлениям, допускающих их содержательную коллаборацию и формирующих у школьников и студентов заданные общие группы компетенций и когнитивные способности.

Ключевые слова: преемственность и непрерывность обучения, кластер дисциплин, вычислительный примитив, алгоритмический примитив, расчетно-алгоритмический компонент вычислительного мышления.

DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-3-42-49

Для цитирования:

Баженова И. В., Клунникова М. М., Пак Н. И. Школьно-вузовский кластер дисциплин как средство развития расчетно-алгоритмического компонента вычислительного мышления // Информатика и образование. 2021. № 3. С. 42–49.

Статья поступила в редакцию: 30 января 2021 года.

Статья принята к печати: 23 марта 2021 года.

Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке Краевого фонда науки в рамках проекта «Формирование и развитие вычислительного мышления обучаемых на основе автоматизированных и когнитивных средств обучения», код 2021012106985.

Сведения об авторах

Баженова Ирина Васильевна, канд. пед. наук, доцент базовой кафедры вычислительных и информационных технологий, Институт математики и фундаментальной информатики, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия; arkad@yandex.ru; ORCID: 0000-0001-6960-0408

Клунникова Маргарита Михайловна, канд. пед. наук, старший преподаватель базовой кафедры вычислительных и информационных технологий, Институт математики и фундаментальной информатики, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия; mklunnikova@sfu-kras.ru; ORCID: 0000-0003-3657-1019

Пак Николай Инсевич, доктор пед. наук, профессор, зав. кафедрой информатики и информационных технологий в образовании, Институт математики, физики и информатики, Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева, г. Красноярск, Россия; nik@kspu.ru; ORCID: 0000-0002-6271-9243

1. Введение

1.1. Постановка проблемы

Современный специалист в области инженерии, фундаментальных и компьютерных наук должен обладать развитым *вычислительным мышлением* (*computational thinking*), под которым понимают способность осуществлять когнитивный мыслительный процесс для анализа, моделирования и прогнозирования процессов, происходящих с применением ИКТ. Несмотря на большое количество зарубежных публикаций и практических разработок в образовании, относящихся к феномену вычислительного мышления, в России этот вопрос только начинает обсуждаться. Вычислительное мышление является понятием наддисциплинарным, формируется в процессе изучения самых разных дисциплин — математических, естественно-научных, технических и др. [1]. Общеизвестно, что фундамент вычислительного мышления составляет умение моделировать, ставить и решать задачи. В формирование и развитие вычислительного мышления большой вклад вносит решение вычислительных и алгоритмических задач, которые встречаются практически во всех предметных областях, включая гуманитарные науки. Качественное обучение эффективному решению задач представляет сложную дидактическую проблему.

Процесс формирования и развития вычислительного мышления является непрерывным. Его следует начинать еще в раннем детстве, в школе обеспечить условия для создания фундаментальной мыслительной основы, которая должна получить развитие в вузе. Наиболее весомый вклад в развитие вычислительного мышления у студентов инженерно-технических, естественно-научных и математических направлений подготовки вносят дисциплины, связанные с программированием, математическим моделированием, численными методами.

При этом уровень вычислительного мышления во многом зависит от одинаковых или схожих подходов, средств и методов обучения и воспитания личности на всех возрастных этапах. В силу разноместных концепций и разного содержания образовательных программ школы и вуза возникает серьезная труднопреодолимая проблема преемственности и непрерывности системы образования «по вертикали» в целом и предметного обучения, например математике, в частности. Еще одной дидактической проблемой выступает необходимость обеспечения междисциплинарных связей базовых курсов в традиционной дисциплинарной модели учебного процесса в вузе для более эффективного и целесообразного формирования у студентов определенных групп компетенций.

Представляется актуальным создание специального школьно-вузовского кластера однопрофильных и преемственных дисциплин в школе и вузе, обеспечивающего оптимальный вариант процесса междисциплинарного взаимодействия как «по горизонтали», так и «по вертикали».

1.2. Цель исследования

В связи с вышесказанным следует обратить внимание на поиск инновационных моделей трансформации образовательного процесса в школе и вузе путем создания кластеров дисциплин, обеспечивающих целенаправленное формирование и развитие у обучающихся и вычислительного мышления в целом — как когнитивного мыслительного процесса, и отдельных его компонентов.

Цель данной работы:

- обоснование модели школьно-вузовского кластера дисциплин, способствующих эффективному развитию у обучающихся расчетно-алгоритмического компонента вычислительного мышления;
- описание моделирования кластера дисциплин «Программирование — Численные методы — Информационные технологии в образовании».

2. Обзор литературы

В отчете Объединенного исследовательского центра (JRC) Европейской комиссии [2], посвященном перспективам развития навыков вычислительного мышления в обязательном образовании, отмечена значительная вариативность в определении термина «**вычислительное мышление**». Термин впервые был использован S. Papert, но пристальное внимание к нему привлекла J. M. Wing в 2006 году [3]. С этого времени к исследованию вычислительного мышления обращались многие ученые, в основном зарубежные.

Можно выделить три подхода к выяснению сущности данного понятия:

- вычислительное мышление как когнитивный мыслительный процесс;
- вычислительное мышление как гибрид других способов мышления (вид аналитического мышления, связанный с математическим, алгоритмическим, логическим, системным, параллельным мышлением);
- вычислительное мышление как применение методов Computer Science для моделирования процессов, исследуемых в других дисциплинах.

Большинство исследователей рассматривают вычислительное мышление как совокупность определенных навыков, давая операциональное определение этого понятия. Например, Международное общество развития технологий в образовании (ISTE) включает в определение такие операции, как [4]:

- формулирование задачи таким образом, чтобы использовать компьютер и другие инструменты для ее решения;
- логическая организация и анализ данных;
- моделирование (представление данных с помощью абстракций);
- автоматизация решения с помощью алгоритмического мышления;
- выявление, анализ и внедрение возможных решений для достижения эффективной комбинации шагов и ресурсов;
- обобщение и перенос решения конкретной задачи на решение широкого круга задач.

Очевидно, что способности к перечисленным операциям свидетельствуют о развитом вычислительном мышлении, могут быть диагностированы и оценены при обучении конкретной дисциплине.

В систематическом обзоре научных публикаций за 2013–2020 годы [5] выявлены три области исследования проблемного поля вычислительного мышления:

- 1) как следует операционально определить вычислительное мышление в широком дисциплинарном контексте;
- 2) как включить вычислительное мышление в новую педагогику;
- 3) как вычислительное мышление может быть интегрировано в контекст конкретной дисциплины.

Следует отметить, что в отечественной педагогической литературе чаще используются такие родственные вычислительному мышлению понятия, как «алгоритмический стиль мышления», «алгоритмическая культура», «компьютерная (цифровая) грамотность», «цифровые навыки», «ИКТ-компетентность» (см., например, [6, 7]), что, по мнению М. П. Лапчика, связано с продолжающейся эволюцией новых терминов в такой быстроразвивающейся научной области, как информатика.

В последние годы появилось значительное число научных публикаций, посвященных применению кластерного подхода в образовании, что обусловлено процессами интеграции и глобализации во всех сферах человеческой деятельности. Кластерный подход в образовании Т. И. Шамова определяет как «взаимо- и саморазвитие подразделений в процессе работы над проблемой, осуществляемое снизу на основе устойчивого партнерства» [8]. Н. Ф. Ефремова оперирует понятием «модульно-кластерный подход», рассматривая его как «организацию учебного процесса, когда в качестве цели обучения выступает формирование кластера компетенций, а оценивание осуществляется интегрированными компетентностно-ориентированными оценочными средствами» [9].

Термин «образовательный кластер» можно считать уже устоявшимся понятием. Под ним понимается «взаимодействие образовательных, научных, производственных и других организаций и реализация на их базе различных форм образовательной деятельности в рамках непрерывного процесса с учетом преемственности модулей и программ на разных ступенях довузовского, вузовского и поствузовского образования» [10].

Реалии компетентностно-ориентированного образования привели к введению в педагогическую практику понятия «**кластер компетенций**», которое используется во многих научных публикациях, например, [11, 12].

3. Методы и методологическая рамка

Методологической основой исследования являются междисциплинарный и кластерный подходы к обучению.

Как отмечают М. В. Кларин, И. М. Осмоловская, «междисциплинарный подход отражает современные методологические основания изысканий в области образования и позволяет акцентировать внимание на интеграции психологии, философии, социологии, лингвистики, нейронаук в исследовании обучения» [13].

В современной педагогике междисциплинарные связи рассматриваются как инструмент формирования универсальных и профессиональных компетенций, обобщенных умений и навыков. Средствами реализации междисциплинарных связей выступают электронная информационно-образовательная среда вуза, междисциплинарные образовательные модули, междисциплинарные проекты, междисциплинарные курсы. Участие в междисциплинарных проектах способствует развитию познавательной активности и самостоятельности студентов, формированию ключевых компетенций XXI века, так называемых компетенций «4К»: креативного и критического мышления, коммуникации, кооперации [14].

Кластерный подход является эффективным механизмом коллаборации образовательных структур за счет усиления междисциплинарных связей. Авторы предлагают рассмотреть понятие «**кластер дисциплин**» как *неформальное динамическое объединение взаимодействующих дисциплин, нацеленных на формирование у обучающихся заданных групп компетенций и определенных когнитивных характеристик с помощью общих для дисциплин технологий обучения*. Кластер дисциплин может иметь горизонтальную и вертикальную интеграцию: включать дисциплины вузовской образовательной программы одного курса, разных курсов, школьные предметы, дисциплины дополнительного (в том числе послевузовского) образования.

Создание кластера дисциплин на условиях целевого пересечения их содержательных линий позволит обогащать и систематизировать дисциплинарные знания, формировать у обучающихся заданные группы (кластеры) компетенций в соответствии с образовательными стандартами. В основу организации рассматриваемого далее кластера дисциплин можно положить развитие вычислительного мышления.

4. Результаты и обсуждение

4.1. Сущность расчетно-алгоритмического компонента вычислительного мышления

Структура вычислительного мышления является многокомпонентной и динамической. Авторы не претендуют на полное описание ее составляющих с учетом многогранности и многофункциональности этого феномена. Опираясь на операциональное определение вычислительного мышления и выводы, сделанные в часто цитируемых научных публикациях [15, 16] о включении способности к алгоритмизации в структуру вычислительного мышления, выделим расчетно-алгоритмический компонент вычислительного мышления.

Под **расчетно-алгоритмическим компонентом вычислительного мышления** будем понимать умение студента представлять решение новой абстрактной задачи в виде последовательности известных и оригинальных схем реализации отдельных этапов ее решения с помощью инструментов программирования.

Такое умение требует от студента:

- способности провести декомпозицию задачи на отдельные этапы;
- умения выделять общие признаки при анализе задач в различных научных областях и выявлять шаблоны решения;
- способности прогнозировать результаты выполнения алгоритма и видеть возможные проблемы реализации;
- умения оптимизировать и оценивать сложность алгоритма.

Основной вклад в развитие расчетно-алгоритмического компонента вычислительного мышления вносит решение вычислительных и алгоритмических задач. При этом задачи должны формулироваться так, чтобы обеспечивать непрерывность и преемственность обучения.

Расчетные задачи, как правило, представляют некие процессы и ситуации, описываемые математической моделью, имеющей N параметров, среди которых один является неизвестным. Подобные модели называются **вычислительными примитивами** [17]. Вычислительный примитив — это модель элементарной расчетной операции; элементарный граф, содержащий центральный узел — математическую модель явления, объекта или процесса и периферийные узлы — величины, входящие в эту модель.

Математическая модель примитива:

$$F(x_1, \dots, x_n) = 0 \mid x_i = g(x_1, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_n), \\ i = 1, \dots, n.$$

Если можно задать два примитива:

$$F1(x_1, \dots, x_n) = 0 \text{ и } F2(y_1, \dots, y_n) = 0,$$

у которых $x_k = y_p$, то можно составить расчетную задачу на два расчетных этапа:

$$x_i = g1(x_1, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_k, \dots, x_n), x_k = y_p, \\ y_p = g2(y_1, \dots, y_{p-1}, y_{p+1}, \dots, y_n).$$

Далее перебираются все допустимые смысловые варианты. Они образуют класс эквивалентности сложности 2. Рисунок 1 иллюстрирует данную модель.

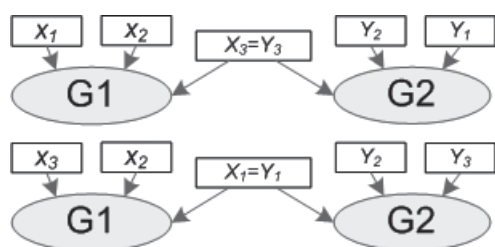


Рис. 1. Модель расчетной задачи с вычислительными примитивами

Аналогично можно рассмотреть три примитива, взаимосвязанные друг с другом последовательно или параллельно (рис. 2).

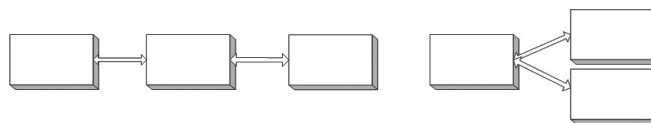


Рис. 2. Схемы комбинаций вычислительных примитивов

Это будет класс эквивалентности сложности 3. Возможны смешанные схемы.

Приведем **примеры вычислительных примитивов из точных наук**:

- 1) Явление равномерного движения в простейшем случае характеризуется математической моделью, представленной элементарной формулой скорости равномерного движения:

$$v = \frac{S}{t},$$

Величины, необходимые для ее вычисления: скорость равномерного движения v , пройденный путь S и время движения t .

- 2) Вычислительным примитивом является формула расчета площади прямоугольного треугольника S по известным катетам a и b :

$$S = \frac{1}{2}ab.$$

- 3) В химии вычисление количества вещества по известной массе и его молярной массе возможно с помощью вычислительного примитива:

$$n = \frac{m}{M}.$$

Теперь введем понятие **алгоритмический примитив**, под которым будем понимать шаблон алгоритма решения элементарной задачи. Из совокупности таких шаблонов можно строить алгоритмы сложных задач.

Выделим базовые и составные алгоритмические примитивы.

Примерами базовых алгоритмических примитивов могут быть:

- 1) Обмен значениями двух ячеек памяти. Например, в ячейке A хранится значение 2, в ячейке B — значение 7. Следует обменять их значения. Алгоритмический примитив: $C := A \ A := B \ B := C$ (запись на алгоритмическом языке). В результате выполнения алгоритмического примитива в A будет 7, в B будет 2.
- 2) Проверка кратности числа, например четности числа. Алгоритмический примитив в словесной форме: «если остаток от деления числа на 2 равен 0, то число четное, иначе — нечетное».
- 3) Нахождение суммы произвольной последовательности чисел (без использования массивов).
- 4) Нахождение произведения последовательности чисел (частные случаи: степень числа; факториал числа).

- 5) Нахождение количества чисел/объектов (если оно заранее неизвестно по условию задачи).
- 6) Нахождение максимума/минимума в последовательности чисел/объектов.
- 7) Перебор элементов массива с помощью циклов.

Примеры составных алгоритмических примитивов (они могут состоять как из базовых примитивов, так и из других составных примитивов):

- 1) Поиск минимального/максимального элемента в одномерном массиве (суперпозиция базовых примитивов 6 и 7).
- 2) Нахождение суммы четных элементов в массиве (суперпозиция базовых примитивов 7, 2, 3).
- 3) Поиск минимального/максимального элемента в матрице (суперпозиция составного примитива 1 и базового примитива 7).

В отдельную категорию алгоритмических примитивов можно выделить функцию, итерацию, рекурсию.

На основе базовых и составных алгоритмических примитивов можно строить реальные алгоритмы решения вычислительных задач и задач обработки данных, например, реализации методов сортировки массивов, численных методов решения систем линейных и нелинейных уравнений, задач оптимизации и т. д.

Разработка системы вычислительных и алгоритмических примитивов позволит создать базу данных с задачами разного уровня сложности, применение которой в учебном процессе обеспечит развитие расчетно-алгоритмического компонента вычислительного мышления обучающихся.

4.2. Школьно-вузовский кластер дисциплин

Целесообразно использовать единую базу учебных расчетно-информационных задач для кластера дисциплин, что позволит оптимизировать человеческие и материальные ресурсы, обеспечит междисциплинарные связи и преемственность в обучении. Рассмотрим пример школьно-вузовского кластера дисциплин (рис. 3).

Кластерная модель обучения школьников и студентов была реализована на примере дисциплин «Программирование», «Численные методы», «Информационные технологии в образовании», входя-

щих в образовательную программу по направлению подготовки «Математика и компьютерные науки», осуществляемую в Институте математики и фундаментальной информатики Сибирского федерального университета.

Школьный предмет «Информатика» (раздел «Программирование») был включен в кластер с целью апробации идеи развития расчетно-алгоритмического компонента вычислительного мышления обучающихся с помощью генератора задач на основе алгоритмических примитивов. В эксперименте приняли участие школьники, готовящиеся к сдаче ЕГЭ по информатике в системе дополнительного образования.

Примечательной особенностью рассматриваемого школьно-вузовского кластера дисциплин является единая методическая база целевых, содержательных и дидактических элементов, формирующих и развивающих расчетно-алгоритмический компонент вычислительного мышления обучающихся. Основу средств и методов обучения в кластере составляют когнитивные техники (ментальные схемы и карты, интерактивные тренажеры и т. п.), а также платформа вычислительных и алгоритмических примитивов, обеспечивающих формирование практических заданий разных уровней, соответствующих школьным и вузовским предметным дисциплинам. В методиках кластерного предметного обучения школьников и студентов применяется рекурсивный подход [18].

Основной вклад в развитие расчетно-алгоритмического компонента вычислительного мышления обучающихся вносит содержательная линия «Алгоритмизация и программирование» в школе и вузе. Например, у студентов направления подготовки «Математика и компьютерные науки» в вузе изучение базовой дисциплины «Программирование» происходит на первом-втором курсах. Дисциплина «Численные методы» (третий год обучения) направлена на формирование высокого уровня математической вычислительной культуры, основанной на владении приемами алгоритмизации. Дисциплина носит выраженный практико-ориентированный характер, служит базовым инструментом для проведения научных исследований в области вычислительной математики и компьютерных наук.

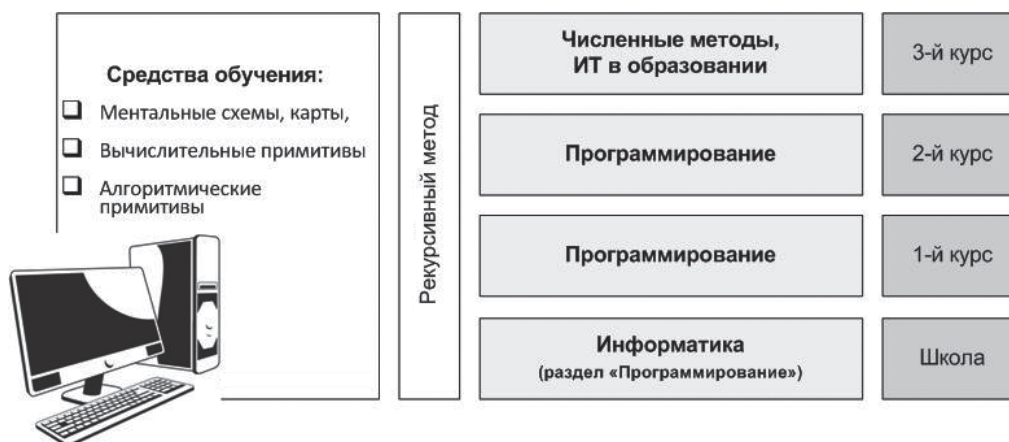


Рис. 3. Структурная схема школьно-вузовского кластера дисциплин

Практика показывает, что для будущих специалистов-математиков является полезным получить опыт разработки обучающих систем, так как многие из них в дальнейшем связывают свою профессиональную деятельность с образованием. Такую возможность они получают на практических занятиях курса по выбору «Информационные технологии в образовании». В рамках курса студенты обучаются проектированию и апробации новых средств, методов и моделей современной организации учебного процесса, получают навыки разработки электронных учебников и образовательных порталов. Для самостоятельной реализации численных методов (дисциплина «Численные методы») и электронных образовательных ресурсов (дисциплина «Информационные технологии в образовании») студенты используют и совершенствуют навыки, полученные при изучении курса «Программирование». В работе [19] обоснована компетентностная составляющая кластера дисциплин.

Методологические принципы и специфика дисциплин сохраняются в рамках кластера, однако очевиден кумулятивный эффект кооперативной совокупности знаний и навыков. В качестве стратегического направления обучения рассматривается обучение с использованием общих когнитивных технологий, учитывающих особенности развития современных студентов.

5. Выводы

Модель созданного кластера дисциплин «Программирование — Численные методы — ИКТ в образовании» обеспечивает формирование и развитие расчетно-алгоритмического компонента вычислительного мышления школьников и студентов, а также формирует у них заданный кластер компетенций. Управление кластером дисциплин осуществляется на условиях коллаборации и социального партнерства, поскольку кластер разработан по инициативе преподавателей соответствующих дисциплин в интересах студентов и школьников.

Школьно-вузовский кластер дисциплин обеспечивает реальную преемственность и непрерывность школьного и вузовского образования, без излишних, порой искусственных, трудозатратных дополнительных организационных и методических средств и приемов.

Рассматриваемый подход может быть использован для создания кластеров дисциплин по различным образовательным направлениям, допускающих их содержательную и методическую коллаборацию и формирующих у школьников и студентов заданные общие группы компетенций и когнитивные способности.

Таким образом, реализация школьно-вузовских кластеров дисциплин в учебном процессе позволит обеспечить эффективную преемственность и непрерывность обучения школьников и студентов, что будет способствовать достижению более высоких результатов предметного обучения и оптимального формирования и развития требуемых компетенций. Материалы работы представляют интерес для

руководителей и организаторов учебного процесса в школах и вузах, а также для преподавателей, желающих использовать потенциал междисциплинарных связей, когнитивных и компьютерных технологий.

Список использованных источников

1. Хеннер Е. К. Вычислительное мышление // Образование и наука. 2016. № 2. С. 18–33. DOI: 10.17853/1994-5639-2016-2-18-33
2. Engelhardt K., Punie Y., Chiocciariello A., Ferrari A., Dettori G., Kampylis P., Bocconi S. Developing computational thinking in compulsory education. Implications for policy and practice. 2016. DOI: 10.2791/715431
3. Wing J. M. Computational thinking // Communications of the ACM. 2006. Vol. 49. No. 3. P. 33–35. DOI: 10.1145/1118178.1118215
4. Sykora C. Computational thinking for all. 2021. <https://www.iste.org/explore/computational-thinking-all?articleid=152>
5. Lyon J. A., Magana A. J. Computational thinking in higher education: A review of the literature // Computer Applications in Engineering Education. 2020. Vol. 28. Is. 5. P. 1174–1189. DOI: 10.1002/cae.22295
6. Лапчик М. П. Образование, грамотность, компетентность, культура: терминология эпохи информатизации // Информатизация образования и методика электронного обучения. Материалы II Международной научной конференции. Красноярск: СФУ, 2018. С. 38–43. https://bik.sfu-kras.ru/sites/default/files/content/i-504583_informatizaciya_.pdf
7. Босова Л. Л. Цифровые навыки современного школьника и возможности их формирования в школьном курсе информатики // Информатика в школе. 2020. № 7. С. 5–9. DOI: 10.32517/2221-1993-2020-19-7-5-9
8. Шамова Т. И. Кластерный подход к развитию образовательных систем // Народное образование. 2019. № 4. С. 101–104. <http://narodnoe.org/journals/narodnoe-obrazovanie/2019-4/klasteriniiy-podhod-k-razvitiyu-obrazovatelnih-sistem>
9. Ефремова Н. Ф. Модульно-кластерная структура магистерской программы // Высшее образование сегодня. 2018. № 10. С. 12–17. <https://elibrary.ru/item.asp?id=36388510>
10. Русецкая М. Н., Бартош Д. К. Кластерный подход в организации образовательных процессов системы непрерывного профессионального образования // Педагогика и психология образования. 2019. № 2. С. 109–120. <http://pr-obr.ru/wp-content/uploads/2019/07/2019-2-109.pdf>
11. Латыпова Е. В. Кластеры компетенций в системе инновационного развития: дис. ... канд. экон. наук. Санкт-Петербург, 2015. 177 с.
12. Суворова С. Л., Хильченко Т. В. Кластеры поликультурных компетенций в системе высшего образования: Создание ориентированного на результат профиля // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование. Педагогические науки». 2019. Т. 11. № 2. С. 47–54. (На англ.) DOI: 10.14529/ped190205
13. Кларин М. В., Осмоловская И. М. Перспективные направления дидактических исследований: постановка проблемы // Образование и наука. 2020. Т. 22. № 10. С. 61–89. DOI: 10.17853/1994-5639-2020-10-61-89
14. Пинская М. А., Михайлова А. М. Компетенции «4К»: формирование и оценка на уроке. М.: Корпорация «Российский учебник», 2019. 76 с. <https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/direct/345295660.pdf>
15. Barr V., Stephenson C. Bringing computational thinking to K-12: what is involved and what is the role of the computer science education community? // ACM Inroads. 2011. Vol. 2. No. 1. P. 48–54. DOI: 10.1145/1929887.1929905
16. Grover S., Pea R. Computational thinking in K-12: A review of the state of the field // Educational Researcher. 2013. Vol. 42. Is. 1. P. 38–43. DOI: 10.3102/0013189X12463051

17. Асауленко Е. В. Формализация процесса формирования умения ученика решать вычислительные физические задачи на основе ментальных схем // Педагогическая информатика. 2017. № 2. С. 11–19.

18. Баженова И. В., Пак Н. И. Проективно-рекурсивная технология обучения в личностно-ориентированном образовании // Педагогическое образование в России.

2016. № 7. С. 7–13. <http://journals.uspu.ru/attachments/article/1265/1.pdf>

19. Klunnikova M. M., Bazhenova I. V., Pak N. I., Kirgizova E. V. Developing students computational thinking with a recursive polydisciplinary approach // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1691. DOI: 10.1088/1742-6596/1691/1/012190

SCHOOL-UNIVERSITY CLUSTER OF DISCIPLINES DEVELOPING THE CALCULATIVE-ALGORITHMIC COMPONENT OF COMPUTATIONAL THINKING

I. V. Bazhenova¹, M. M. Klunnikova¹, N. I. Pak²

¹ Siberian Federal University

660041, Russia, Krasnoyarsk, Svobodny prospekt, 79

² Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V. P. Astafiev

660049, Russia, Krasnoyarsk, ul. Ady Lebedevoy, 89

Abstract

Problem relevance. Due to the multi-departmental concepts and the different content of educational programs of schools and universities, a serious problem arises of the succession and continuity of the education system along the “vertical” in general and subject teaching in particular. Another didactic problem is the need to ensure interdisciplinary connections of basic courses in the traditional disciplinary model of the educational process for more effective and expedient formation of certain student’s competencies sets. In this regard, it is of interest to create new organizational and meaningful approaches to training specialists without a significant restructuring of the traditional educational process.

The purpose of the article is to substantiate a collaborative model of subject training of students in a school-university cluster of disciplines, which ensures the succession and continuity of education at school and university.

Methodological basis. On the example of three disciplines “Programming”, “Computational Methods”, “Information Technologies in Education”, a cluster model of teaching schoolchildren and students in the direction of training “Mathematics and Computer Science” has been designed and implemented. A feature of the considered school-university cluster of disciplines is a unified methodological base of target, meaningful and didactic elements that form and develop the calculative-algorithmic component of the computational thinking of students. The basis of the means and methods of teaching in the cluster is made up of cognitive techniques and a platform of “computational and algorithmic primitives” — solving elementary task template. A recursive approach is used in the methods of cluster subject teaching of schoolchildren and students.

Results and Conclusions. The model of the created disciplinary cluster “Programming — Computational Methods — Information Technologies in Education” contributes to the formation and development of the calculative-algorithmic component of the computational thinking of schoolchildren and students, and also forms their assigned groups of competencies.

The school-university cluster of disciplines ensures real succession and continuity of school and university education, without unnecessary, sometimes artificial, labor-intensive additional organizational and methodological means and techniques.

The approach under consideration can be used to create clusters of disciplines in various educational areas, allowing their meaningful collaboration and forming given competencies sets and schoolchildren’s and student’s cognitive abilities.

Keywords: continuous learning, cluster of disciplines, computational primitive, algorithmic primitive, calculative-algorithmic component of computational thinking.

DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-3-42-49

For citation:

Bazhenova I. V., Klunnikova M. M., Pak N. I. Shkol’no-vuzovskij klaster distsiplin kak sredstvo razvitiya raschetno-algoritmicheskogo komponenta vychislitel’nogo myshleniya [School-university cluster of disciplines developing the calculative-algorithmic component of computational thinking]. *Informatika i obrazovanie — Informatics and Education*, 2021, no. 3, p. 42–49. (In Russian.)

Received: January 30, 2021.

Accepted: March 23, 2021.

Acknowledgments

The work was carried out with the financial support of the Regional Science Foundation within the framework of the project “Formation and development of computational thinking of trainees on the basis of automated and cognitive teaching tools”, code 2021012106985.

About the authors

Irina V. Bazhenova, Candidate of Sciences (Education), Associate Professor at the Basic Department of Computing and Information Technologies, Institute of Mathematics and Fundamental Informatics, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; apkad@yandex.ru; ORCID: 0000-0001-6960-0408

Margarita M. Klunnikova, Candidate of Sciences (Education), Senior Lecturer at the Basic Department of Computing and Information Technologies, Institute of Mathematics and Fundamental Informatics, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; mklunnikova@sfu-kras.ru; ORCID: 0000-0003-3657-1019

Nikolai I. Pak, Doctor of Sciences (Education), Professor, Head of the Department of Informatics and Information Technologies in Education, Institute of Mathematics, Physics and Informatics, Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V. P. Astafiev, Krasnoyarsk, Russia; nik@kspu.ru; ORCID: 0000-0002-6271-9243

References

1. Khenner E. K. Vychislitel'noe myshlenie [Computational thinking]. *Obrazovanie i nauka — The Education and Science Journal*, 2016, no. 2, p. 18–33. (In Russian.) DOI: 10.17853/1994-5639-2016-2-18-33
2. Engelhardt K., Punie Y., Chiocciariello A., Ferrari A., Dettori G., Kampylis P., Bocconi S. Developing computational thinking in compulsory education. Implications for policy and practice. 2016. DOI: 10.2791/715431
3. Wing J. M. Computational thinking. *Communications of the ACM*, 2006, vol. 49, no. 3, p. 33–35. DOI: 10.1145/1118178.1118215
4. Sykora C. Computational thinking for all. 2021. Available at: <https://www.iste.org/explore/computational-thinking-all?articleid=152>
5. Lyon J. A., Magana A. J. Computational thinking in higher education: A review of the literature. *Computer Applications in Engineering Education*, 2020, vol. 28, is. 5, p. 1174–1189. DOI: 10.1002/cae.22295
6. Lapchik M. P. Obrazovanie, gramotnost', kompetentnost', kul'tura: terminologiya ehpkhi informatizatsii [Education, literacy, competence, culture: terminology of the era of informatization]. *Informatizatsiya obrazovaniya i metodika ehlektronnoho obucheniya. Materialy II Mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii [Informatization of education and e-learning methodology. Proc. II Int. Scientific Conf.]*. Krasnoyarsk, SFU, 2018, p. 38–43. (In Russian.) Available at: https://bik.sfu-kras.ru/sites/default/files/content/i-504583_informatizatsiya_.pdf
7. Bosova L. L. Tsifrovye navyki sovremennogo shkol'nika i vozmozhnosti ikh formirovaniya v shkol'nom kurse informatiki [Digital skills of a modern schoolchild and opportunities for their formation in the school informatics course]. *Informatika v shkole — Informatics in School*, 2020, no. 7, p. 5–9. (In Russian.) DOI: 10.32517/2221-1993-2020-19-7-5-9
8. Shamova T. I. Klasternyj podkhod k razvitiyu obrazovatel'nykh sistem [Cluster approach towards the development of educational systems]. *Narodnoe obrazovanie — Folk education*, 2019, no. 4, p. 101–104. (In Russian.) Available at: <http://narodnoe.org/journals/narodnoe-obrazovanie/2019-4/klasterniy-podhod-k-razvitiyu-obrazovatelnykh-sistem>
9. Efremova N. F. Modul'no-klasternaya struktura masterskoj programmy [Modular-cluster structure of the master's program]. *Vysshee obrazovanie segodnya — Higher Education Today*, 2018, no. 10, p. 12–17. (In Russian.)
10. Rusetskaya M. N., Bartosh D. K. Klasternyj podkhod v organizatsii obrazovatel'nykh protsessov sistemy nepreynogo professional'nogo obrazovaniya [Cluster approach to the organization of educational processes in continuing professional education systems]. *Pedagogika i psikhologiya obrazovaniya — Pedagogy and Psychology of Education*, 2019, no. 2, p. 109–120. (In Russian.) Available at: <http://pp-obr.ru/wp-content/uploads/2019/07/2019-2-109.pdf>
11. Latypova E. V. Klastery kompetentsij v sisteme innovatsionnogo razvitiya: dis. ... kand. ehkon. nauk [Clusters of competencies in the system of innovative development. Cand. econ. sci. diss.]. Saint Petersburg, 2015. 177 p. (In Russian.)
12. Suvorova S. L., Khilchenko T. V. Polycultural competence clusters in higher education: Creating an outcomes-based competence profile. *Vestnik YUUrGU. Seriya "Obrazovanie. Pedagogicheskie nauki" — Bulletin of the SUSU. Series "Education. Pedagogical Sciences"*, 2019, vol. 11, no. 2, p. 47–54. DOI: 10.14529/ped190205
13. Klarin M. V., Osmolovskaya I. M. Perspektivnye napravleniya didakticheskikh issledovaniy: postanovka problemy [Prospective areas of didactic research: A problem statement]. *Obrazovanie i nauka — The Education and Science Journal*, 2020, vol. 22, no. 10, p. 61–89. (In Russian.) DOI: 10.17853/1994-5639-2020-10-61-89
14. Pinskaya M. A., Mikhailova A. M. Kompetentsii "4K": formirovanie i otsenka na uroke [Competencies "4K": formation and assessment in the lesson]. Moscow, Korporatsiya "Rossijskij uchebnik", 2019. 76 p. (In Russian.) Available at: <https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/direct/345295660.pdf>
15. Barr V., Stephenson C. Bringing computational thinking to K-12: what is involved and what is the role of the computer science education community? *ACM Inroads*, 2011, vol. 2, no. 1, p. 48–54. DOI: 10.1145/1929887.1929905
16. Grover S., Pea R. Computational thinking in K-12: A review of the state of the field. *Educational Researcher*, 2013, vol. 42, is. 1, p. 38–43. DOI: 10.3102/0013189X12463051
17. Asaulenko E. V. Formalizatsiya protsessa formirovaniya umeniya uchenika reshat' vychislitel'nye fizicheskie zadachi na osnove mental'nykh skhem [Formalization of the process of forming a student's ability to solve computational physical problems based on mental schemes]. *Pedagogicheskaya informatika — Pedagogical Informatics*, 2017, no. 2, p. 11–19. (In Russian.)
18. Bazhenova I. V., Pak N. I. Proektivno-rekursivnaya tekhnologiya obucheniya v lichnostno-orientirovannom obrazovanii [Projective-recursive educational technology in personality-oriented education]. *Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii — Pedagogical Education in Russia*, 2016, no. 7, p. 7–13. (In Russian.) Available at: <http://journals.uspu.ru/attachments/article/1265/1.pdf>
19. Klunnikova M. M., Bazhenova I. V., Pak N. I., Kirgizova E. V. Developing students computational thinking with a recursive polydisciplinary approach. *Journal of Physics: Conference Series*, 2020, vol. 1691. DOI: 10.1088/1742-6596/1691/1/012190

НОВОСТИ

Дом научной коллаборации для школьников и педагогов

В рамках федерального проекта «Успех каждого ребенка» нацпроекта «Образование» в Великом Новгороде на базе Новгородского государственного университета состоялось открытие Дома научной коллаборации (ДНК) имени Софьи Ковалевской. В ДНК реализуются программы дополнительного образования для школьников V—XI классов и педагогов. Планируется, что центр станет важным связующим звеном между школой и университетом для подготовки будущих исследователей и современных специалистов, востребованных на предприятиях региона. Занятия в центре дополнительного образования прохо-

дят по программам, связанным с технической сферой, в рамках двух основных направлений обучения — «Детский университет» (для школьников V—IX классов) и «Малая академия» (для школьников X—XI классов). Ребята имеют возможность изучать 3D-моделирование, летательную робототехнику, разработку мобильных приложений, VR-программирование, компьютерную верстку. А в рамках специального курса «Педагог К-21» педагоги могут повысить свою квалификацию, освоив такие современные универсальные компетенции, как проектная деятельность, тьюторство и цифровая грамотность.

(По материалам, предоставленным пресс-службой Минпросвещения России)