

УДК 004.057.5:004.558

ЭВОЛЮЦИОННЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОНТЕНТА

Беломойцев Д.Е.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Обозначена проблема эффективного формирования образовательных курсов при дистанционной форме обучения. Рассмотрен подход к формированию контента образовательных курсов по выбору. Предложена эволюционная методика составления курсов. Приведены особенности многомерного представления образовательного контента. Представлен способ автоматизации проектирования индивидуальных программ обучения.

Ключевые слова: образовательная программа, методика синтеза, дополнительное образование, автоматизация.

DOI: <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2016-02-04-92-98>

Введение.

Проведенный в [1] анализ показал, что важной составляющей в повышении эффективности образовательного процесса является интеграция в образовательный процесс систем дистанционного обучения. Для этого необходимо соответствующее техническое обеспечение (программное и аппаратное, а также средства коммуникации с широкой полосой пропускания); учебно-методическое обеспечение; повышение квалификации преподавательского состава. Решение проблемы целостности курсов дополнительного и дистанционного образования порождает необходимость построения структуры и наполнения содержанием того дополнительного курса или образовательной программы, которые позволят в необходимом и достаточном объеме удовлетворить имеющиеся научно-практические потребности. Для того, чтобы предоставить обучающимся средства эффективного решения данной проблемы при поиске требуемого курса дополнительного обучения необходимо реализовать соответствующие средства автоматизации проектирования структуры курсов на основе задаваемых студентом критериев подбора.

Основой для наполнения содержанием синтезированной структуры учебного курса является образовательный контент - электронные материалы учебных курсов, электронные библиотеки, обучающие и тестирующие системы и т.д. Поэтому, когда заходит речь о необходимости получения в т.ч. дополнительного образования по определенной тематике, то для формирования индивидуальной образовательной программы необходимо вначале выяснить практические аспекты интересующей тематики [4], а затем уже сформировать связанный с ними набор контента для построения на его основе программы.

Автоматизировать процесс формирования индивидуальных образовательных программ возможно путем применения разработанной методики проектирования, суть которой в общем случае заключается в сопоставлении отобранным элементам пространства научно-практических достижений элементов пространства образовательного контента. Эти многомерные пространства формируются на основе анализа с одной стороны теоретических аспектов существующих образовательных программ, а с другой стороны – научно-практических достижений человечества. В ходе анализа определяются связи достижений и соответствующих им теоретических аспектов.

Принципы автоматизации проектирования структуры образовательного контента.

Целью синтеза индивидуальной образовательной программы является преобразование исходного описания проектируемого курса, которое содержит информацию о требованиях к составу, об условиях обучения, ограничениях на компонентный состав, в результирующее описание структуры, т.е. сведения о составе элементов, параметрах их наполнения и взаимосвязи. В настоящей работе программа образовательного курса рассматривается в составе совокупности подразделов, каждый из которых выделяется по принципу группировки рассматриваемых предметных сущностей.

У каждого подраздела есть различные альтернативы исполнения. Для формирования проектного решения необходимо выбрать тот или иной вариант реализации каждого подраздела. В процессе структурного синтеза образовательного курса возникает т.н. задача принятия решений. Ее суть заключается в необходимости выбора проектного решения из множества альтернатив в соответствии с набором критериев.

Множество альтернатив формируется за счет всех допустимых комбинаций вариантов подразделов(элементов). В силу потенциально большой мощности А при синтезе структуры курса целесообразно применять неявное описание множества альтернатив в виде набора правил Р синтеза проектных решений из ограниченного набора элементов Э.

Для формального описания множеств Р и Э применим подход с формированием морфологических таблиц, альтернативных графов. Рассмотрим подход к формированию множества альтернатив с помощью И-ИЛИ дерева (рис. 1).

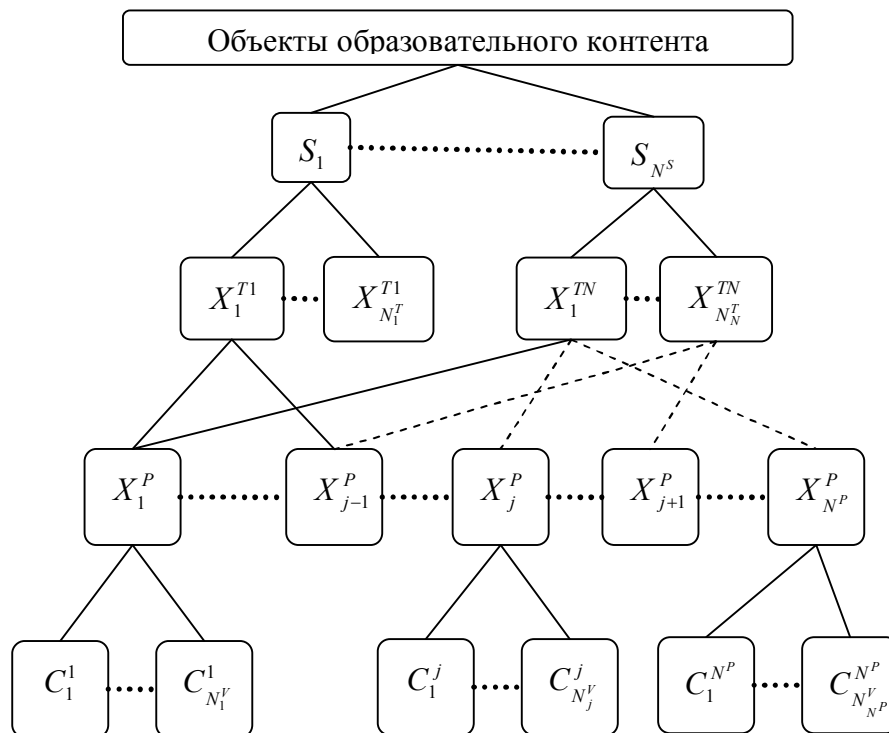


Рис. 1. И-ИЛИ дерево множества альтернатив

Курс (алгоритмическая реализация) представляется в виде совокупности подразделов $S_i, i = \overline{1, N^S}$, N^S - количество подразделов. Множество управляемых параметров алгоритмической реализации курса состоит из подмножеств типов подразделов и параметров подразделов $X = X^T \cup X^P$. Мощности множеств X^T, X^P составляют N^T, N^P , соответственно. У i -го подраздела существует N_i^T альтернативных типов $X_k^{Ti}, k = \overline{1, N_i^T}$. Каждому типу X_k^{Ti} соответствует набор из N_k^{Pi} параметров $\{X_j^P\}$, где $j \in \{I_q^{Pi}\}$ - совокупность индексов элементов $(0 < I_q^{Pi} \leq N^P, q = \overline{1, N_k^{Pi}})$. Каждый параметр X_j^P может принимать значение из набора C_r^j , где $r = \overline{1, N_j^V}$, N_j^V - количество допустимых значений параметра X_j^P .

Различные подразделы имеют общие параметры, равно как и различные типы одного подраздела. Поэтому невозможно отдельно вычислить оптимальные значения управляемых параметров для каждого подраздела в отдельности.

Оценку альтернатив в задаче принятия решений необходимо проводить на основе величины функции полезности, характеризующей вклад в общую связность курса. Значение функции полезности альтернативы в целом образуется из значений функций полезности подразделов, составляющих альтернативу. Критерием расчета общего значения функции по-

лезности на основе частных выбран аддитивный критерий, так как по сути проблемы более важен суммарный эффект совокупности подразделов, нежели выделение оценки какого-либо одного подраздела.

Правила Р формирования альтернатив А на базе элементов Э представляют собой данные о запрещении некоторых комбинаций составляющих элементов. Возможная форма представления данных правил – матричная (симметричная) (рис. 2):

	\mathcal{E}_{11}	\mathcal{E}_{12}	\mathcal{E}_{13}	\mathcal{E}_{21}	\mathcal{E}_{22}
\mathcal{E}_{11}	1	1	0	1	1
\mathcal{E}_{12}		1	1	1	1
\mathcal{E}_{13}			1	1	1
\mathcal{E}_{21}				1	0
\mathcal{E}_{22}					1

Рис. 2. Матричная форма представления данных о совместимости

Элементы \mathcal{E}_{ij} показывают, допустимо ли одновременное использование в курсе i и j типов подразделов.

Следует отметить, что основное отличие предложенного способа представления множества альтернатив от способов, применяющихся в стандартизованных методиках проектирования заключается в возможности обеспечить учет зависимости различных типов подразделов от общих параметров подразделов, а также добавлять новые элементы и формировать новые альтернативы за счет расширения И-ИЛИ дерева.

Для решения NP-сложной задачи поиска проектного решения применимыми будут эволюционные методы, в частности - генетические алгоритмы. Также их применение позволит учитывать существование запрещенных комбинаций типов различных подразделов. Учет осуществляется средствами оператора мутации типов подразделов на основании матрицы совместимости.

Для применения генетического алгоритма необходимо сформировать множество управляемых параметров объекта синтеза, влияющих на его полезность. В качестве объекта синтеза рассматривается структура индивидуального образовательного курса и значения его параметров. Множество управляемых параметров (хромосома) определяет элементный состав курса.

Хромосома представляется совокупностью генов (параметров проектного решения), которые соответствуют подразделам проектируемого курса. Например, среди генов, которые соответствуют каждому подразделу, имеется один, описывающий тип данного подраздела. Другие гены определяют параметры алгоритма наполнения подраздела. У каждого типа подраздела (и, соответственно, у каждого алгоритма наполнения подраздела) имеется различное количество параметров. Следовательно, количество генов в хромосоме будет варьироваться в зависимости от рассматриваемых типов подразделов.

Процесс синтеза проектных решений в соответствии с рекомендациями выполняется по стандартной схеме генетического алгоритма. В эту схему входит этап формирования новых хромосом (рис. 3).

В виду представления проектного решения хромосомой переменной длины разработаны новые принципы применения генетических операторов мутации, кроссовера и селекции. Необходимость в этом продиктована невозможностью применять классические операторы для модификации хромосомы переменной длины. Новые операторы должны также учитывать запрещенные комбинации альтернативных типов подразделов.

Оператор мутации типов подразделов разработан для изменения структуры хромосомы при выполнении генетического алгоритма. Функционирование оператора затрагивает нижние уровни И-ИЛИ дерева, от уровня значений параметров до уровня типов подразделов.

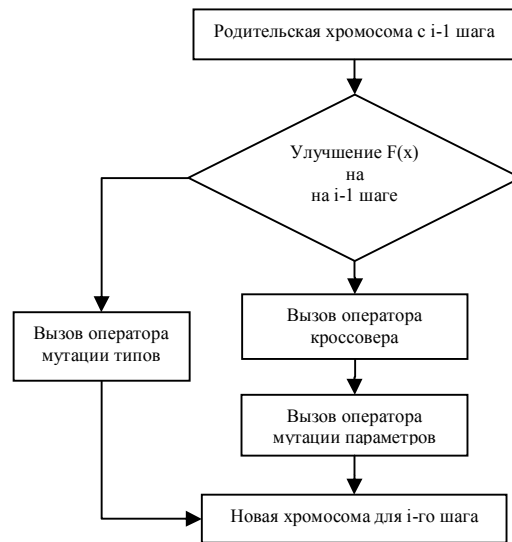


Рис. 3. Схема алгоритма формирования новых хромосом

Смена типов (поля X^{Ti} , на рис. заштрихованы) приводит к смене подраздела и его параметров, закодированных в полях $X_1^{Pi} \dots X_{N^{Pi}}^{Pi}$. Кроме того, изменяется число параметров подраздела N^{Pi} .

Количество типов, которые подвергаются изменению в ходе вызова оператора, может варьироваться в зависимости от хода выполнения генетического алгоритма. В том случае, если улучшение показателя целевой функции от поколения к поколению практически не происходит, необходимо произвести широкую смену типов подразделов. Если же на протяжении нескольких поколений наблюдается стойкая тенденция к улучшению значения целевой функции, то смена типов подразделов производится в узком составе. В подобной ситуации вызов оператора мутации типов целесообразно заменить вызовом оператора мутации параметров подразделов.

Выбор подраздела для применения к нему оператора мутации типов осуществляется на основании анализа динамики изменения значения частной функции полезности данного подраздела. Необходимо менять такой подраздел (его тип), у которого наблюдается стагнация функции полезности в области «плохих» значений.

Оператор мутации параметров подразделов разработан для точечного изменения содержания генов отдельных подразделов в структуре хромосомы при выполнении генетического алгоритма. Функционирование оператора затрагивает самый нижний уровень И-ИЛИ дерева.

Смена значений параметров приводит к изменениям в функционировании алгоритмов наполнения затронутых подразделов курса. Это, в свою очередь, влияет на значение функций полезности, которые вычисляются для хромосом нового поколения.

Возможно совместное применение операторов мутации типов и параметров подраздел. При этом некоторые подразделы будут меняться полностью (смена их типов автоматически ведет к смене параметров). У части же подразделов будут изменяться значения отдельных параметров, которым соответствуют выбранные случайным образом гены хромосомы.

В отличие от классического, оператор кроссовера, предложенный в данной работе, обеспечивает размещение точек разрыва хромосомы в соответствии с делением генов по подразделам. Это означает, что обмен генами будет осуществляться строго между подразделами одного типа.

Таким образом, при использовании разработанного оператора многоточечного кроссовера набор подразделов проектного решения остается неизменным. Обмен значениями параметров (генами) происходит внутри областей хромосом, которые соответствуют отдельным подразделам. Фактически точки разрыва могут располагаться внутри данных областей.

Подобная ситуация возникает, если действие оператора кроссовера на каждый подраздел происходит в отдельности, как если бы на хромосомы действовал вектор операторов кроссовера. Компоненты данного вектора соответствуют отдельным подразделам индивидуального образовательного курса.

Применение рассмотренных выше генетических операторов приводит к формированию новых поколений. На основе анализа значений их целевых функций происходит селекция альтернативного варианта, который может стать проектным решением.

Таким образом, предложенный подход к синтезу индивидуальных образовательных курсов основан на следующих положениях:

- используется множество альтернатив в форме И-ИЛИ дерева с возможностью его расширения за счет внесения дополнительных вариантов;
- проектное решение представляется в форме хромосомы с подразделением генов между подразделами на типовые и параметрические;
- вводятся новые генетические операторы мутации и кроссовера для формирования новых поколений путем асинхронного изменения типов подразделов, а также для проведения кроссовера внутри подразделов.

В соответствии с разрабатываемой методикой проектирования синтез происходит с применением генетического алгоритма. На основании оценки альтернативных вариантов по значениям их функции полезности принимается решение об окончании поиска проектного решения или о генерации новых альтернатив.

Значение целевой функции для альтернативы определяется исходя из значений частных функций полезности для каждого из подразделов. Значения частных функций полезности находятся в зависимости от величин управляемых параметров элементов структуры курса, а также параметров внешних факторов, воздействующих на эффективность и связность восприятия информации курса. Функция полезности подраздела курса дает численную оценку вклада в общую эффективность восприятия и связность курса посредством данного подраздела. Помимо параметров элементов при вычислении функции полезности учитываются требования, предъявляемые к проектируемому курсу. На основании данных требований формируется вектор параметров внешних факторов.

Алгоритм вычисления значения функции полезности подраздела определяется индивидуально для каждого типа X_K^{Ti} . У каждого альтернативного K -го варианта i -й подраздела имеется своя форма вычисления функции полезности $F_K^i(X^P)$. Она генерируется на основе обобщения экспертных мнений. Таким образом, создание новых типов подразделов представляет собой нетривиальный процесс, требующий непосредственного участия экспертов и проектировщиков.

Заключение.

В дополнение к рассмотренному в [1] модульному представлению материалов в рамках проводимого исследования эффективности методики синтеза индивидуальных образовательных программ предложено структурировать элементы пространства образовательного контента с точки зрения эволюционных методов построения проектных решений, в частности – генетических алгоритмов [2, 3].

Представление структуры образовательных курсов путем описания в виде совокупности генов и хромосом дает возможность эффективно оценивать пользу их восприятия обучающимися на основе специально разработанных целевых функций.

Применение же специализированных генетических операторов [4] позволяет осуществлять генерацию различных вариантов индивидуальных образовательных программ в совокупности с наложенными ограничениями на совместимость некоторых элементов пространства образовательного контента.

Использование блочно-иерархического подхода к проектированию структуры образовательных курсов в рамках настоящей работы предложено в форме синтеза контента из элементов множества альтернатив в виде И-ИЛИ дерева. В рамках предложенного подхода

множество альтернативных вариантов может расширяться за счет добавления новых элементов для достижения необходимого уровня целостности. Соответственно, структура объектов контента допускает включение дополнительных подразделов для повышения связности. За счет расширяемости структурного состава курса и множества альтернатив достигается большая гибкость разработанной методики проектирования по сравнению с уже существующими.

Поиск проектного решения ведется на основе критерия максимизации покрываемых объектами контента предметных областей образовательного курса. При вычислении величины максимизируемого функционала предложенная методика использует в качестве управляемых переменных параметры курса, а также учитывает вероятностный характер степени освоения материала объектов контента. Таким образом, математическая модель процесса обучения по курсу формируется на основе совокупности функций полезности подразделов, составляющих курс. Подобный подход позволяет учитывать вклад каждого подраздела в общий показатель эффективности освоения курсового контента.

Для поиска проектного решения применен математический аппарат генетических алгоритмов. Применение данной разновидности эволюционных методов признано наиболее подходящим по критерию ресурсоемкости в сравнении с методами полного перебора вариантов решений NP-сложной задачи, поиска по морфологическим таблицам, а также в связи с возможностью параметров иметь лингвистический характер. Хромосома, представляющая проектное решение, обладает свойством изменять длину. Данное свойство проявляется при внесении изменений в набор типов подразделов, составляющих проектное решение. Вызвано это тем, что альтернативные варианты одного типа подраздела отличаются числом параметров. Варианты различных подразделов также отличаются числом параметров.

Список литературы

1. Волосатова, Т.М. Автоматизация процесса синтеза индивидуальных образовательных программ на основе генетических алгоритмов формирования курсов обучения / Т.М. Волосатова, Д.Е. Беломойцев // Ученые записки ИСГЗ. - 2014. - № 1-2 (12).
2. Норенков, И.П. Генетические методы структурного синтеза проектных решений / И.П. Норенков // Информационные технологии. - 1998. - №1.
3. Норенков, И.П. Эвристики и их комбинации в генетических методах дискретной оптимизации / И.П. Норенков // Информационные технологии. - 1999. - №1.
4. Беломойцев, Д.Е. Разработка методики автоматизированного проектирования каналов передачи защищенных сообщений в беспроводных соединениях мобильных устройств: автореф. дис. ... канд техн. Наук / Беломойцев Дмитрий Евгеньевич. - М., 2009.

Об авторе

Беломойцев Дмитрий Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», *dmitry.belomoytsev@gmail.com*.

EVOLUTIONARY APPROACH TO THE EDUCATIONAL CONTENT STRUCTURE DESIGN AUTOMATION PROBLEM SOLUTION

Belomoytsev D.E.

Bauman Moscow Technical University

The educational courses effective formation problem at remote form of education is designated. Approach to educational elective courses content formation is considered. The evolutionary technique of drawing up courses is offered. Features of educational content multidimensional representation are given. The way of automation of design of individual programs of training is presented.

Keywords: education course, synthesis method, additional education, automation.

DOI: <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2016-02-04-92-98>

References

1. Volosatova T.M., Belomoytsev D.E. Individual educational program synthesis automation based on genetic algorithms of course formation. *Uchenye zapiski ISGZ*, 2014. No.1-1 (12).
2. Norenkov I.P. Genetic methods of structural synthesis of design decisions. *Informatsionnye tekhnologii*, 1998, No.1.
3. Norenkov I.P. Heuristics and its combination in genetic methods of discrete optimization. *Informatsionnye tekhnologii*, 1999, No.1.
4. Belomoytsev D.E. Development of a technique of the automated design of channels of transfer of the protected messages in wireless connections of mobile devices. Cand. Diss. (Engineering). Moscow. 2009.

Author' information

Dmitriy E. Belomoytsev - Ph.D., Associate professor at Bauman Moscow Technical University, dmitry.belomoytsev@gmail.com.

Дата публикации
(Date of publication):
25.12.2016