

УДК 004.057.5:004.558

РАЗРАБОТКА ГЕНЕТИЧЕСКИХ ОПЕРАТОРОВ АЛГОРИТМА СОСТАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫХ КУРСОВ ИНДИВИДУАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ

Беломойцев Д.Е.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Обозначена проблема формирования структуры дистанционных образовательных программ. Рассмотрен подход к формированию содержания образовательных курсов по выбору. Предложена эволюционная методика составления курсов. Представлен способ автоматизации процесса синтеза индивидуальных программ обучения.

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

DOI: 10.22281/2413-9920-2017-03-02-190-195

Введение. Анализ накопленного опыта и данных исследований [1] показывает, что неотъемлемым компонентом улучшения эффективности процесса обучения является привлечение к нему систем дистанционного обучения. Вопросы полноты и целостности курсов индивидуального содержания при дистанционном образовании влекут за собой потребность в синтезе структуры и подборе контента курса, которые позволят удовлетворить имеющиеся запросы обучающихся в необходимом и достаточном объеме. Для того, чтобы дать обучающимся возможность эффективно решить проблему полноты и целостности образовательного контента курса дополнительного обучения необходимо автоматизировать процесс проектирования структуры курсов на базе определяемых обучающимися критериев подбора. Целью синтеза индивидуальной образовательной программы является преобразование исходного описания синтезируемого учебного курса, в котором имеются данные о потребностях обучающегося к содержанию и налагаемых на состав ограничениях, в результирующее описание структуры, т.е. сведения о составе курса, взаимосвязи его компонентов. Автоматизировать процесс формирования индивидуальных образовательных программ возможно путем применения разработанной методики проектирования, суть которой в общем случае заключается в сопоставлении отобранными элементами пространства научно-практических достижений элементов пространства образовательного контента.

Эволюционный подход к проектированию структуры учебного курса. В рамках данного исследования состав учебного курса рассматривается в виде совокупности под-

разделов, каждый из которых формируется путем группировки рассматриваемых предметных сущностей. Подразделы образовательных курсов имеют несколько альтернативных вариантов исполнения. Выбор проектного решения подразумевает определение того или иного варианта компоновки каждого подраздела. Решение задачи структурного синтеза при проектировании курса обучения приводит к необходимости решить так называемую задачу принятия решений. Суть данной задачи состоит в том, чтобы из множества альтернатив выбрать такое проектное решение, которое бы соответствовало набору критериев. При этом необходимо иметь в виду, что разные подразделы могут иметь общие параметры, также как могут их иметь различные типы одного подраздела. В связи с этим практически недостижимо вычислить оптимальные значения управляемых параметров отдельно для каждого подраздела.

Структура образовательного курса формируется совокупностью подразделов S_i , $i = 1, N^S$, N^S - количество подразделов. Множество управляемых параметров такой структуры состоит из подмножеств типов 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 вариантов типов X_k^{Ti} , $k = 1, N_i^T$. Каждому типу X_k^{Ti} соответствует набор из N_k^{Pi} параметров $\{X_j^P\}$, где $j \in \{I_q^{Pi}\}$ - совокупность индексов элементов $(0 < I_q^{Pi} \leq N^P, q = 1, N_k^{Pi})$. 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 .

Все допустимые комбинации вариантов подразделов составляют множество альтернатив. Имеет смысл описывать множество вариантов структуры курса неявно в форме набора правил P синтеза проектных решений из ограниченного набора элементов \mathcal{E} по той причине, что мощность множества альтернатив может быть достаточно высокой.

Правила P формирования альтернатив A на базе элементов \mathcal{E} представляют собой данные о запрещении некоторых комбинаций составляющих элементов. Возможная форма представления данных правил – матричная (симметричная).

Путем анализа элементов \mathcal{E}_{ij} возможно понять, является ли допустимым использование в курсе i и j типов подразделов одновременно. Поход с формированием морфологических таблиц и альтернативных графов

является применимым для формального описания множеств P и \mathcal{E} . Имеет смысл рассмотреть эволюционный подход к формированию множества альтернатив с помощью ИЛИИИ дерева. Например, генетические алгоритмы будут применимы для решения NP-сложной задачи синтеза структуры курса обучения. Учесть наличие запрещенных комбинаций типов различных подразделов также позволит применение такого рода алгоритма. Для этого предлагается использовать оператор мутации типов подразделов с применением матрицы совместимости.

Новые операторы должны также учитывать запрещенные комбинации альтернативных типов подразделов. Ввиду 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.

Проектное решение (курс)							
Подраздел 1		Подраздел 2		...	Подраздел N^S		
X^{T1}	$X_1^{P1} \dots X_{N^{P1}}^{P1}$	X^{T2}	$X_1^{P2} \dots X_{N^{P2}}^{P2}$...	X^{TN^S}	$X_1^{PN^S} \dots X_{N^{PN^S}}^{PN^S}$	

Рис.1. Схема хромосомы проектного решения

Основное отличие от классического у предложенного в данном исследовании оператора кроссовера заключается в том, что точки разрыва хромосомы размещаются в соответствии с распределением генов по подразделам. В соответствии с таким алгоритмом между подразделами одного типа будет происходить обмен генами. Также алгоритм предусматривает совместное выполнение операторов мутации параметров и типов. В такой ситуации полностью меняться будут определенные подразделы, т.к. изменение их типов автоматически влечет изменение параметров. Для части подразделов предусматривается изменение значения некоторых параметров, для которых отобраны случайным образом гены хромосомы. Следовательно, применение предложенного оператора многоточечного кроссовера оставляет без изменений набор

подразделов проектного решения. Внутри соответствующих отдельным подразделам областей хромосом происходит обмен значениями параметров - генами. Внутри этих областей могут располагаться точки разрыва. Такая ситуация возникает, если действие оператора кроссовера на каждый подраздел происходит по отдельности. Аналогично возможно провести со случаем, когда на хромосомы действовал бы вектор операторов кроссовера. Элементы этого вектора соответствуют отдельным подразделам курса обучения. Работа алгоритмов наполнения затронутых подразделов курса меняется из-за смены значений параметров. Это влияет на вычисляемое значение функций полезности. Они вычисляются для хромосом нового поколения. Для внесения точечных изменений в содержание генов отдельных подразделов в структуре хромосо-

мы при выполнении генетического алгоритма применяется разработанный оператор мутации параметров подразделов. Работа оператора влияет на нижний уровень И-ИЛИ дерева. Изменение подраздела и его параметров, закодированных в полях $X_1^{Pi} \dots X_{N^{Pi}}^{Pi}$, вызывается изменением типов. Дополнительно, меняется число параметров подраздела N^{Pi} . При выполнении генетического алгоритма меняется структура хромосомы посредством применения оператора мутации типов подразделов. Работа этого оператора влияет на уровни И-ИЛИ дерева - от уровня значений параметров до уровня типов 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 пара-

метров 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.

В виду представления проектного решения хромосомой переменной длины [2] разработаны новые принципы применения генетических операторов мутации, кроссовера и селекции. Необходимость в этом продикто-

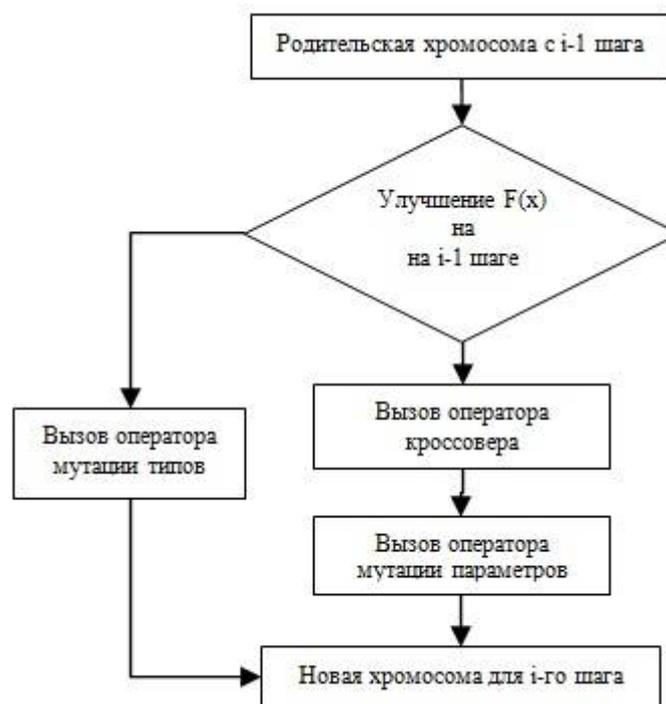


Рис. 2. Схема алгоритма формирования новых хромосом

вана невозможностью применять классические операторы для модификации хромосомы переменной длины.

Новые операторы должны также учитывать запрещенные комбинации альтернативных типов подсистем.

Проводя системный подход к формированию структуры учебных курсов из базиса компонентов образовательного контента, возможно рассматривать составляющие курс подразделы в качестве подсистем, которые в итоге объединяются общим курсовым смыс-

лом. Исходя из такого подхода, рассмотрим формирование новых операторов генетического алгоритма применительно к подсистемам проектируемого курса.

Оператор мутации типов подсистем.

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

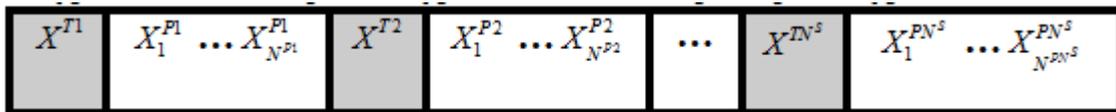


Рис. 3. Схема хромосомы с указанием полей типов

Смена типов (поля X^{Ti} , на рис. заштрихованы) приводит к смене подсистемы и ее параметров, закодированных в полях $X_1^{Pi} \dots X_{N^{Pi}}^{Pi}$. Кроме того, изменяется число параметров подсистемы 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 подсистем. Если же на протяжении нескольких поколений наблюдается стойкая тенденция к улучшению значения целевой функции, то смена типов подсистем производится в узком составе. В подобной ситуации вызов оператора мутации типов целесообразно заменить вызовом оператора мутации параметров подсистем.

Выбор подсистемы для применения к ней оператора мутации типов осуществляется на основании анализа динамики изменения значения частной функции полезности данной подсистемы. Необходимо менять такую подсистему (ее тип), у которой наблюдается стагнация функции полезности в области «плохих» значений.

Оператор мутации параметров подсистем. Оператор мутации параметров подсистем разработан для точечного изменения содержания генов отдельных подсистем 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 затронутых подсистем курса. Это, в свою очередь, влияет на значение функций полезности, которые вычисляются для хромосом нового поколения.

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

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

Таким образом, при использовании разработанного оператора многоточечного кроссовера набор подсистем проектного решения остается неизменным. Обмен значениями параметров (генами) происходит внутри областей хромосом, которые соответ-

ствуют отдельным подсистемам. Фактически точки разрыва могут располагаться внутри данных областей. Подобная ситуация возникает, если действие оператора кроссовера на каждую подсистему происходит в отдельности, как если бы на хромосомы действовал вектор операторов кроссовера. Компоненты данного вектора соответствуют отдельным подсистемам разделов курса.

Заключение. 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 новый подход к синтезу структуры курсов основан на следующих положениях:

- используется множество альтернатив в форме И-ИЛИ дерева с возможностью его расширения за счет внесения дополнительных вариантов;

- применяются генетические алгоритмы поиска проектного решения по критерию максимизации соответствия содержания курса запросу слушателя;

- проектное решение представляется в форме хромосомы с подразделением генов между подсистемами на типовые и параметрические;

- вводятся новые генетические операторы мутации и кроссовера для формирования новых поколений путем асинхронного изменения типов подсистем, а также для проведения кроссовера внутри подсистем.

Наряду с исследованным в [1] представлением структуры образовательного контента в виде модулей в данной работе предложено рассматривать структуру элементов пространства образовательного контента на основе генетического алгоритма синтеза проектного решения [3]. Отдельно разработанные целевые функции для оценки полезности для восприятия обучающимися структуры курсов обучения основаны на возможности ее описания в форме множества хромосом и генов. Исследование [4] построенного на таких функциях процесса синтеза показало эффективность такого подхода. Показана возможность эффективно формировать множества вариантов программ образовательных курсов на основе индивидуаль-

ных потребностей и ограничений на совместимость некоторых элементов пространства образовательного контента путем введения в работу алгоритма специализированных генетических операторов.

Решение задачи синтеза проектного решения осуществляется с использованием критерия максимизации покрываемого объема предметных областей учебного курса объектами контента. Параметры курса применяются в форме управляемых переменных используются при определении максимизируемого значения целевой функции на базе данного подхода. При этом учтен также вероятностный характер степени освоения материала учебного курса. Математическое моделирование процесса обучения в рамках синтезируемых курсов осуществляется при помощи вектора функций полезности, составленных для каждого из подразделов курса. Такой подход дает возможность учесть индивидуальные вклады освоения каждого подраздела при оценке интегральной эффективности прохождения курса обучения.

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). - С. 160-163.

2. Беломойцев, Д.Е. Эволюционный подход к решению задачи автоматизации проектирования структуры образовательного контента / Д.Е. Беломойцев // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. - 2016. - №4. - С. 92-98.

3. Норенков, И.П. Генетические методы структурного синтеза проектных решений / И.П. Норенков // Информационные технологии. - 1998. - №1. - С. 9-13.

4. Норенков, И.П. Эвристики и их комбинации в генетических методах дискретной оптимизации / И.П. Норенков // Информационные технологии. - 1999. - №1. - С. 2-7.

5. Беломойцев, Д. Е. Разработка методики автоматизированного проектирования каналов передачи защищенных сообщений в беспроводных соединениях мобильных устройств: дис. ... канд. техн. наук / Беломойцев Дмитрий Евгеньевич. - М., 2009. - 163с.

Об авторе

Беломойцев Дмитрий Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО

«Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана»,
dmitry.belomoytsev@gmail.com

**THE DEVELOPMENT OF INDIVIDUAL CONTENT EDUCATIONAL COURSES
COMPOSITION ALGORITHMS GENETIC OPERATORS**

Belomoytsev D.E.

Bauman Moscow Technical University, Moscow, Russian Federation

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: 10.22281/2413-9920-2017-03-02-190-195

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), pp.160-163. (Russian)
2. Belomoytsev D.E. Evolutionary approach to the educational content structure design automation problem solution. *Nauchno-tekhnicheskiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2016, No.4, pp. 92-98. (Russian)
3. Norenkov I.P. Genetic methods of structural synthesis of design decisions. *Informatsionnye tekhnologii*, 1998, No.1, pp.9-13. (Russian)

4. Norenkov I.P. Heuristics and its combination in genetic methods of discrete optimization. *Informatsionnye tekhnologii*, 1999, No.1, pp.2-7. (Russian)

5. 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. 163p. (Russian)

Author' information

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

Дата публикации
(Date of publication):
25.06.2017

