

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИНТЕЗА СТАЦИОНАРНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СЕТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В статье рассматривается образовательная система как сложная и многоуровневая информационная сеть, допускающая декомпозицию по функционально выраженным слоям. Решена задача синтеза образовательной сети как информационной, каждый узел которой осуществляет обработку данных по стандартизованным и эвристическим алгоритмам.

Ключевые слова: образовательные информационные системы, задачи синтеза, инженерия знаний, задачи оптимизации.

Современные образовательные системы относятся к классу сложных, так как обладают всеми характерными чертами: высокой размерностью элементов; многообразием их природы и видов связей между ними; изменчивостью структуры; большим числом возможных состояний; разнообразием выполняемых функций; наличием функциональной и структурной избыточности. По роду основной деятельности (обучение) они относятся к информационным системам и определяют направления переработки информации, относящиеся к предметной области знаний «инженерия знаний», а именно: исследуют, проектируют и организуют в промышленном масштабе процессы «представления» и «усвоения» знаний [1–4].

Поэтому их проектирование и эксплуатация с точки зрения организации эффективного функционирования узлов переработки данных и коммуникативных отношений между иерархически распределенными узлами представляется особой, нуждающейся в решении проблемы. Здесь и далее под распределенной переработкой информации в узлах мы будем понимать в широком смысле процессы, реализуемые «совокупным субъектом обучения», которые, как правило, осуществляются совместно по формализованному или эвристическому алгоритму, хотя возможны и предельные случаи. Также совместно осуществляются процессы познания, например, при взаимодействии обучаемого с электронным учебником. Компьютерная программа работает по заданному алгоритму, знания обучаемого формируются в результате некоторой когнитивной деятельности, а внешнее управление образовательной деятельностью осуществляется по эвристическим правилам, полученных учеником в процессе обучения и составляющих «опыт познавательной деятельности» [1; 5]. В процессах более традиционного вербального общения в системе «учитель – ученик» трансляция знаний происходит последовательными во времени посылками учебного материала, однако обработка учебных сведений индивидуумами может рассматриваться как квазипараллельная по множеству эвристических правил и алгоритмов, независимо от того, осознают их субъекты обучения или не осознают. Наконец, отдельно взятый компьютер в режиме хранения данных, расчета задачи или обслуживания пользователя работает по формализованному (запрограммированному) алгоритму в стандартном режиме.

Построение концептуальной модели проектируемой образовательной структуры как информационной системы необходимо осуществлять дважды. Первоначально – как средство исследования проблемы (концептуальный анализ). Затем – как средство исследования ее ре-

шения (концептуальный синтез). При этом в первом случае целью концептуального моделирования является определение факта наличия проблемы и описание ее существа на основе уточнения состава существенных свойств системы, предназначения и показателей, отражающих их проявление. Во втором случае цель концептуального моделирования заключается в определении средств ликвидации существующей проблемы, а именно в разработке и обосновании основных технических решений по построению новой системы и обеспечение ее эффективного функционирования.

Структуру современных информационных систем, основанных на сетевой архитектуре, целесообразно рассматривать как композиционную, состоящую из некоторого множества структур, основными из которых являются целевая, функциональная, информационная, операционная.

Для решения поставленных задач может быть использован следующий метод получения результата с наперед заданной степенью точности. Его основная идея заключается в определении оценок «перспективности» распределения задач и файлов по элементам системы, уточнение которых осуществляется взаимно на каждом шаге итерации.

Сущность алгоритма решения задачи синтеза состоит в следующем. Первоначально во избежание неопределенности в решении задачи оптимизации структур второго уровня строится опорный план размещения задач (Y^0) по уровням потоков информации (УПИ) – образовательных центров, учебных мест и т. д. При формировании Y^0 предполагается, что места решения задач соответствуют тем УПИ, где требуются результаты их решения:

$$Y^0 = i, \forall (i \in I \cap \lambda_{in} \geq 0).$$

Для определения опорного значения X^0 оценивается перспективность распределения k -го файла (программа обучения некоторой специальности, изучения курса, предмета) на i -м УПИ.

Мера перспективности определяется как некоторый выигрыш (Δ_{ik}) в сокращении потоков информации (материальных ресурсов) при распределении k -го файла на i -м УПИ.

Допустим, что на i -м УПИ k -й файл не распределен. Тогда в самом худшем случае условный выигрыш (Δ'_{ik}) от его распределения на i -м уровне составит:

$$\Delta'_{ik} = \sum_{n \in N} \lambda_{in}^m \min_{\substack{j \in I \\ \forall (i \neq j)}} \cdot \{V_{ink}^{(10)} l_{ij} + V_{ink}^{(11)} l_{ij}\}$$

При этом увеличение потоков корректирующей информации за счет появления нового объекта корректировки (Δ''_{ik}) можно определить как

$$\Delta''_{ik} = \sum_{j \in I} \lambda'_{jk} (V_{jk}^{(30)} l_{ji} + V_{jk}^{(31)} l_{ij}).$$

Следовательно, выигрыш (Δ'_{ik}) от распределения k -го файла на i -м уровне в целом будет равен

$$\Delta_{ik} = \Delta'_{ik} - \Delta''_{ik}.$$

Исходя из условий

$$x_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{если } \Delta_{ik} > 0; \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases} \quad (1)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ik} \geq d_k \quad (2)$$

строится начальный план X^0 . Если при выполнении условия (1) условие (2) не выполняется, то значение всех x_{ik} , для которых

$$\Delta_{ik} \leq 0,$$

последовательно по принципу

$$x_{ik} = 1, \forall \left(\Delta_k = \min_{i \in I} \{ \Delta_{ik} \} \right)$$

принимается равным единице, вплоть до выполнения условия (2).

Так как первоначальный план распределения Y^0 строился без учета распределения файлов (специальностей, учебных центров, рабочих мест), то теперь, с учетом X^0 , его следует уточнить. Учитывая итерационный процесс этого уточнения, выражение для определения выигрыша от перемещения n -й задачи (Δ_{in}^m) для решения ее на i -м уровне можно записать в виде

$$\begin{aligned} \Delta_{in}^m = & \lambda_{in}^m \sum_{k \in K} (1 - x_{ik}^m) \min_{\substack{j \in I \\ \forall (i \neq j \cap x_{jk}^m)}} \{ (V_{ink}^{(10)} l_{ij} + V_{ink}^{(11)} l_{ji}) x_{jk}^m \} - \\ & - \min_{c \in I} \left[(V_{in}^{(20)} l_{ic} + V_{in}^{(21)} l_{ci}) x_{jk}^m + \sum_{k \in K} (1 - x_{ck}^m) \times \min_{\substack{j \in I \\ \forall c \neq j}} (V_{ink}^{(10)} l_{cj} + V_{ink}^{(11)} l_{jc}) x_{jk}^m \right], \end{aligned}$$

где m – номер итерации.

Далее на основе оценок Δ_{in}^m можно сформировать Y^m :

$$y_{in}^m = \begin{cases} i, & \text{если } \Delta_{in}^m \geq 0; \\ c', & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

где c' – номер УПИ, на котором будет решаться n -я задача в интересах i -го УПИ (выпуск врачей или педагогов в интересах района).

Изменение интенсивностей решения задач (λ_{in}^m) на соответствующих УПИ, являющееся следствием их перемещения между УПИ, определяется как

$$\lambda_{in}^m = \sum_{j \in I} \lambda_{y_{in}^{m-1} j}, \quad \forall (y_{in}^{m-1} = i),$$

причем

$$\lambda_{in}^0 = \lambda_{in}, \quad \forall (i \in I, n \in N).$$

Уточненный, с учетом y_{in}^m , выигрыш от перемещения k -го файла (Δ_{ik}^m) на m -й итерации, будет равен:

$$\Delta_{ik}^m = \sum_{n \in N} \lambda_{in}^m \min_{j \in I} \{ (V_{ink}^{(10)} l_{ij} + V_{ink}^{(11)} l_{ji}) x_{jk}^{m-1} \} - \sum_{j \in I} \lambda_{ik}^m (V_{ik}^{(30)} l_{ji} + V_{ik}^{(31)} l_{ij}).$$

Таким образом, происходит взаимно-последовательное уточнение планов задач, что приводит к оптимизации всего процесса:

$$X(m-1) \rightarrow Y(m) \rightarrow X(m) \rightarrow Y(m+1) \rightarrow \dots \rightarrow [X^{opt}, Y^{opt}].$$

Рассмотренная методика проектирования образовательной сети как информационной имеет приоритетное значение для расчета режимов работы с формализованными алгоритмами работы в узлах и стандартизованными коммуникационными интерфейсами. Однако эта

методика может быть применена для агрегирования декомпозированной распределенной образовательной системы. В этом случае эвристическая составляющая алгоритмов обработки информации принимается определенной условно и рассматривается как дополнение к основному блоку формально определенных задач обработки данных. Мы применили этот подход при проектировании локальной сети Алтайского государственного университета [6; 7]. При расчетах неформализованные процессы не учитывались. При проектировании образовательной сети Ханты-Мансийского округа доля процессов обработки информации по неформализованным алгоритмам была принята в объеме 20 % на каждый узел обработки [Там же]. При расчете режимов работы образовательных центров и интенсивности обмена данными в информационной сети Бийского филиала СГИ доля процессов, осуществляемых по эвристическим алгоритмам, принималась в объеме 17 % [Там же].

Полученные результаты во всех случаях показывали, что ресурсы по обработке данных в перерабатывающих узлах существенно превышают (3–5 раз) необходимые для решения поставленных образовательных и управленческих задач. Узким местом в переработке данных является человек, определяющий, в конечном счете, использование транслируемой учебной информации. Недостаток учебных мест для студентов, как следствие несоответствия темпов представления информации компьютером и переработки информации обучаемым, вызывает очереди последних для индивидуальной работы. Поэтому внутри учебного центра актуализируется задача минимизации очереди обучаемых, которая на этапе проектирования решается методами систем массового обслуживания, а в процессе эксплуатации оперативным управлением учебными ресурсами. Скорость передачи данных в локальных сетях, как правило, удовлетворяет пользователя – обучаемого. Повышение качества внешних коммуникационных сетей считается приоритетной задачей, решение которой связывают (при наличии ресурса) с внедрением спутниковых каналов и оптических линий. Вместе с тем, если не говорить про обучение студентов в режиме телеконференций, расчеты показывают, что современные образовательные ресурсы могут обеспечить инновационные технологии обучения, если осуществлять оперативное планирование их использования.

Образовательное пространство рассматривается как своевременный объективно формирующийся социальный институт, направленный на обеспечение непрерывного образования человека с целью его адаптации к реалиям жизни. Образовательная система является сложной и многоуровневой, допускает декомпозицию по функционально выраженным слоям.

Наиболее вероятным направлением совершенствования образовательных технологий следует считать адаптивные системы, настраиваемые на интересы заказчика, ученика, учитывающие возможности образовательного пространства и квалификационные параметры преподавателей. Функции, задачи, режимы работы каждого уровня и коммуникационные отношения между выделенными структурными подразделениями естественно определяют ресурсные и информационные связи, а также систему управления. Сложность взаимоувязывания и проявления перечисленных факторов в многомерном пространстве специальностей, обучаемых, педагогов, учебных планов, графиков, предметных областей знаний и прочего объективно определяет задачу управления образованием как трудноформализуемую и не имеющую единственного оптимального решения.

Исследование распределенных образовательных систем как объектов управления позволяет сделать заключение, что управление этими системами осуществляется по разомкнутому контуру, т. е. директивными воздействиями на вход образовательного учреждения. Роль обратной связи в процессах управления образовательными учреждениями невелика. Другими словами, в командно административной системе управления образованием адаптивные, стабилизирующие процессы практически не имеют смысла или являются источником нареканий со стороны администрации.

Список литературы

1. Гаврилова Т. А., Червинская К. Р. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем. М., 1992.
2. Информационно управляющие человеко-машинные системы, исследование, проектирование, испытания: Справочник / Под ред. А. И. Губинского. М., 1993.

3. *Программно-целевое* управление развитием образования: опыт проблемы перспективы // Под ред. А. М. Моисеева. М., 1999.
4. *Шатихин Л. Г.* Структурные матрицы и их применение для исследования систем. М.: Машиностроение, 1974.
5. *Ассоциация «Открытый университет Западной Сибири».* Томск: Изд-во ТГУ, 2001.
6. *Непрерывное* образование и инженерия знаний. Междисциплинарные аспекты / Под ред. Ю. И. Титаренко. Барнаул, 1998.
7. *Камышников А. И.* Управление в распределенных образовательных системах: Монография. Барнаул: Изд-во АГУ, 2001.

Материал поступил в редколлегию 24.05.2010

A. I. Kamyshnikov, M. A. Khanzhina

**MATHEMATIC PROVISION OF THE SYNTHESIS
OF THE STATIONARY INFORMATION NETWORK OF EDUCATION SYSTEMS**

The article considers the education system as a complex and multilevel information network which allows decomposing on functional expressed layers. There solved the problem of synthesis of the education network as an informational, where each unit processes data with standardized and heuristic algorithm.

Keywords: education information systems, synthesis problem, knowledge engineering, optimization problem.