

УДК 378.145+621.396.6

Е. А. Демина, Н. В. Лысенко, А. М. Мончак
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Эффективность сетевых образовательных систем

Рассмотрены модели реализации среды сетевого взаимодействия в системе высшего профессионального образования и подходы к оценке эффективности информационных гетерогенных систем учебного назначения. Предложена операторная форма поиска критериев эффективности сетевого взаимодействия.

Сетевое взаимодействие, гетерогенная система, критерий эффективности

Устойчивое развитие системы высшего профессионального образования в современных экономических условиях предполагает в качестве основного подхода интеграцию образовательного процесса с научной и проектной деятельностью, что позволяет готовить высококвалифицированных специалистов для быстро меняющейся экономики страны [1].

На сегодняшний день во многих вузах разработаны и внедрены образовательные программы подготовки специалистов на основе использования новейших образовательных и информационных технологий, что позволяет существенно повысить их качество [2].

Наиболее важными условиями решения указанных задач являются отработка новых моделей содержания образования, новых форм информационного взаимодействия обучаемых и обучающихся, новых моделей управления образованием, а также сетевой характер реализации образовательных программ с целью обеспечения эффективного обучения.

Указанные процедуры обучения реализуются в неоднородных системах, включающих как элементы образовательных технологий, так и собственно субъектов – обучаемых. Такие сложные системы называются гетерогенными [3].

Графически обобщенную модель учебного процесса при сетевом взаимодействии можно представить схемой (рис. 1).

Естественно предположить, что априорная информация обучаемого об объекте изучения (или некоторых его свойствах) по крайней мере близка к нулю (иначе нет смысла изучать объект). Под объектом изучения понимается любая информация о физических явлениях, предметах, их

формальное описание и т. п. Обучаемый располагает некоторыми начальными знаниями, позволяющими понимать символику и смысл информации, передаваемой от обучающего (тезаурус обучающегося). Обучающий в соответствии с программой обучения и собственным тезаурусом определяет информацию об объекте изучения, которую необходимо передать обучаемому. Описанную деятельность обучающий реализует в информационном поле деятельности ИПД₁. При этом обучающий стремится максимизировать апостериорную информацию об объекте изучения у обучаемого, в долговременной памяти которого остаются следы, свидетельствующие об усвоении объекта изучения (объект освоения).

Обучаемый взаимодействует с полученной информацией, обрабатывает и перерабатывает ее в собственном информационном поле деятельности ИПД₂. При этом между обучаемым и обучающим существует некоторая сеть взаимодействия (в широком смысле), позволяющая передавать образовательную информацию.

Главная задача обучающего состоит в том, чтобы, передавая информацию и управляя учебным процессом, добиться соответствия знаний обучаемого объекту изучения.

На схеме (рис. 1) отражен ряд обстоятельств:

1. Информационные и управляющие воздействия обучающего должны быть согласованы с параметрами ИПД₂. Иными словами, обучающий должен иметь сведения об исходных знаниях обучаемого, его умениях организовать свою деятельность в ИПД₂ (методика), его кругозоре, владении терминологией (тезаурус), его психическом, физиологическом и социальном статусе.

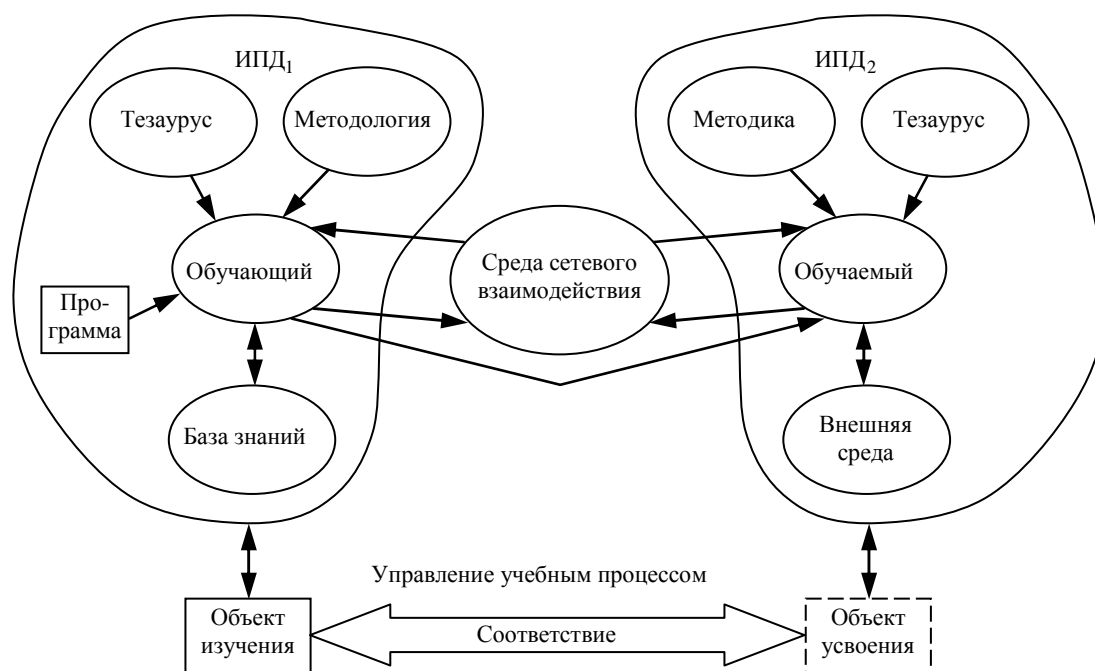


Рис. 1

2. На основе этих данных обучающий должен уметь составлять модель деятельности обучаемого в ИПД₂ и подчинять этой модели свою деятельность в ИПД₁ при ограничениях, накладываемых собственным тезаурусом, программой и внешней средой. Представляется, что уже на этом этапе в ИПД₁ возможны искажения характеристик объекта изучения, приводящие к потерям и искажениям информации.

3. Получение информации о деятельности обучаемого в ИПД₂ связано с измерением, по существу, психических изменений, происходящих во время обучения. Таким образом, речь идет об управляемом психодиагностическом эксперименте, измеряющем психические сдвиги в деятельности центральной нервной системы. Получение надежных и адекватных данных в этом случае требует особо тщательного подхода.

4. Множественность факторов, воздействующих на деятельность обучаемого в ИПД₂, порождает ее существенную неопределенность. Это требует учета возможных нарушений устанавливаемого соответствия объекта изучения и объекта усвоения, являющегося целью процедуры обучения. В частности, рассмотренная ситуация может возникнуть и в результате эвристически-продуктивной деятельности обучаемого, направленной не только на приобретение, но и на собственную генерацию новых знаний.

5. Среда сетевого взаимодействия может быть реализована различным образом. Организация среды взаимодействия определяется одним либо несколькими образовательными учреждениями, в частности вузами. Учитывая значительный ресурсный потенциал ряда предприятий промышленности, они также могут участвовать в реализации среды сетевого взаимодействия.

Возможные схемы реализации среды сетевого взаимодействия образовательных организаций представлены на рис. 2–4 [1]. На рис. 2 показана последовательная среда сетевого взаимодействия, когда каждый вуз реализует собственный модуль учебного плана. В том случае, когда несколько вузов реализуют тот или иной модуль подготовки по выбору обучаемого, возникает параллельная среда сетевого взаимодействия (рис. 3). Наконец, если по выбору обучаемого несколько вузов реализуют различные профили подготовки, формируется «профильная» среда сетевого взаимодействия (рис. 4).

Далее совокупность исходных фреймов знаний об объекте изучения рассматривается как структура, состоящая из частично упорядоченных фреймов. Если содержание фреймов состоит из взаимно исключающей информации (фреймы, характеризующие объект изучения, независимы), то $\varphi(a+b) \leq \varphi(a) + \varphi(b)$ и $\varphi(ab) = \varphi(a)\varphi(b)$, где φ – отображение структуры L на структуру L' для всех $a, b \in L$, причем φ называется гомоморфизмом.

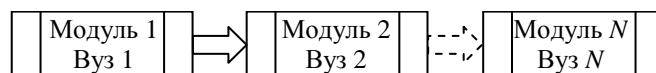


Рис. 2

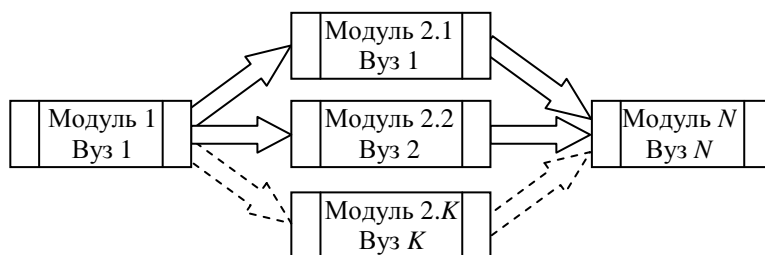


Рис. 3

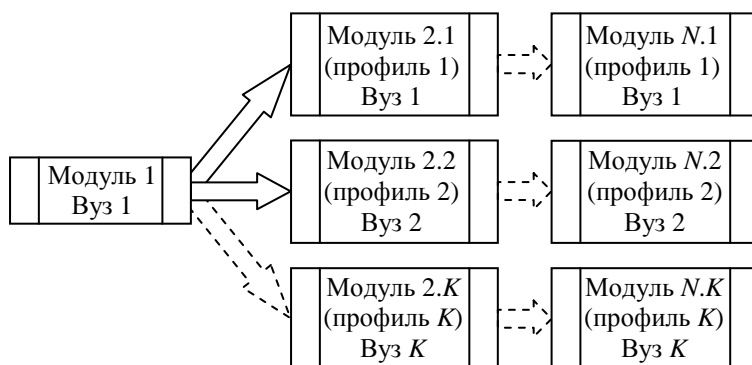


Рис. 4

По существу учебный процесс реализует информационную среду, с которой взаимодействует обучаемый в процессе обучения. Целью такого взаимодействия, организуемого и контролируемого обучающим, является достижение максимального информационного соответствия структуры L обучающего и сформированной у обучаемого структуры L' знаний об объекте. Задачей обучающего является формирование структуры знаний L и использование информационной среды, обеспечивающих наиболее эффективное достижение указанной цели.

Информационная среда сетевого взаимодействия – это система средств и методов взаимодействия с интегрированием знаний, служащая как для хранения, структурирования и представления информации, так и для ее передачи, переработки и обогащения.

Использование современных дорогостоящих информационных технологий (прежде всего сетевых) в качестве среды взаимодействия обучающего и обучаемого (ученика, оператора) с особой актуальностью ставит вопрос об эффективности систем.

Несмотря на то, что в ряде работ [4], [5] высказывались и высказываются сомнения относительно работоспособности информационного подхода к изучению деятельности человека, последние исследования зрительного анализатора и

процессов обработки зрительной информации, развитие видеоинформатики, теории мягких вычислений позволяют надеяться на разработку адекватных информационных моделей сетевых образовательных систем [6], [7].

Первые попытки привлечения методов теории информации в медико-биологических, психологических и педагогических исследованиях относятся к рубежу 40–50-х гг. прошлого столетия [8], [9]. Именно к этому времени усилиями многих отечественных и зарубежных ученых было закончено формирование основных концепций и аппарата теории информации, теории алгоритмов и теории решений, послуживших теоретической базой для видеоинформатики [3], [10].

Эффективность гетерогенных систем принято выражать через критерии эффективности, которые оценивают степень приспособленности системы к выполнению целевой функции [11], [12]. Критерии эффективности зависят от структуры системы, значений ее параметров, характера взаимодействия с внешней средой. Таким образом, критерии эффективности определяются процессами функционирования системы. В этом смысле критерии эффективности можно считать функционалом от процесса функционирования системы.

Поскольку сложные системы работают в условиях действия случайных факторов, значения

функционалов оказываются случайными величинами. В связи с этим при расчете эффективности функционирования системы пользуются либо средними значениями соответствующих функционалов, либо их вероятностными характеристиками [4].

Существует 2 основных подхода к поиску критерия эффективности системы [8]:

1. Из множества параметров системы выбирается один показатель, который субъективно представляется наиболее значимым, и ему присваивается статус критерия. На остальные показатели при этом накладываются ограничения. Математически задача сводится к нахождению условного экстремума.

2. На базе множества исходных параметров стараются построить некоторый обобщенный критерий, наиболее полно характеризующий систему. При этом реализуется задача нахождение безусловного экстремума.

В общей форме критерий эффективности системы можно представить в виде условного математического ожидания

$$J(\mathbf{c}) = \int_X Q(\mathbf{x}, \mathbf{c}) p(\mathbf{x}) d\mathbf{x},$$

или

$$J(\mathbf{c}) = M_X [Q(\mathbf{x}, \mathbf{c})], \quad (1)$$

где $Q(\mathbf{x}, \mathbf{c})$ – функционал вектора $\mathbf{c} = (c_1, c_2, \dots, c_N)$, зависящий от вектора последовательностей или процессов $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_M)$, имеющего плотность распределения вероятностей $p(\mathbf{x})$; X – пространство вектора \mathbf{x} .

Нахождение критерия эффективности сводится к определению вектора $\mathbf{c} = \mathbf{c}^*$, который, удовлетворяя ограничениям, доставлял бы функционалу (1) экстремальные значения. При этом рассматриваемый функционал, зависящий от функции, заменяется функционалом, зависящим от вектора. В последнем случае полезно ввести понятие многокритериальной оптимизации. Тогда элементы $\mathbf{x} \in X$ могут оцениваться вектором $\mathbf{f}(\mathbf{x}) = \{f_1(\mathbf{x}), \dots, f_m(\mathbf{x})\}$, где $f_i(\mathbf{x})$, $i = 1, \dots, m$, описывает эффективность альтернативы \mathbf{x} по отношению к i -му критерию.

Одним из возможных подходов к решению задачи максимизации векторной функции является построение агрегированной функции полезности [11]:

$$U[\mathbf{f}(\mathbf{x})] = U[f_1(\mathbf{x}), \dots, f_m(\mathbf{x})].$$

Основой одноцелевой задачи является целевая функция $\mathbf{f}: \mathbf{x} \rightarrow R$. Целевая функция позволяет ранжировать альтернативы $\mathbf{x} \in X$. Если можно определить отношение строгого порядка на R , то существует $\sup \mathbf{f}(\mathbf{x})$ или $\inf \mathbf{f}(\mathbf{x})$.

Если целевая функция векторная: $\mathbf{f}: X \subset R \xrightarrow{n} R^m$, то нельзя говорить о строгом порядке на R^m . По этой причине две точки \mathbf{x} и \mathbf{x}' называются сравнимыми между собой тогда и только тогда, когда $\mathbf{f}(\mathbf{x}) \leq \mathbf{f}(\mathbf{x}')$, $i = 1, \dots, m$. В многоцелевой задаче понятие оптимальности заменяется понятием «недоминируемости». В то время как решение одноцелевой задачи линейного программирования доставляет оптимум, решение многоцелевой задачи линейного программирования определяет множество недоминируемых альтернатив.

Обобщенный вариант симплекс-метода, применяемый для построения множества недоминируемых альтернатив при наличии многих целевых функций, предложен в [3].

Нахождение множества всех недоминируемых решений сводит допустимое множество ко всем тем точкам, которые могут служить в качестве оптимальных решений. Существует несколько подходов к сужению этого множества до сравнительно небольшого количества элементов для принятия окончательного решения. Рассмотрим один из них.

Пусть каждый отдельный компонент $f_i(\mathbf{x})$ имеет экстремум при некотором $\mathbf{x} \in X$. Допустим, что $f_i(\mathbf{x})$ при $\bar{\mathbf{x}} \in X$ достигает своего максимума. Запишем этот факт как $\max f_i(\mathbf{x}) = f_i(\bar{\mathbf{x}}) = \bar{f}_i$. Тогда $\bar{\mathbf{f}} = (\bar{f}_1, \dots, \bar{f}_m)$ есть идеальная точка, т. е. вектор, составляющими которого являются максимальные допустимые значения, достигаемые отдельными целевыми функциями на множестве X . Однако такое идеальное решение в общем случае невозможно. Тем не менее, ввиду первостепенного значения этой идеальной точки можно утверждать, что следует стремиться найти такое решение, которое было бы расположено как можно ближе к ней. Столь нечеткую формулировку следует интерпретировать как нечеткое множество.

Обозначим степень близости \mathbf{x} и \mathbf{x}' через расстояние:

$$d_i(\mathbf{x}^j) = \frac{f_i(\mathbf{x}^j) - \underline{f}_i}{f_i - \underline{f}_i},$$

где $\underline{f}_i = \min f_i(\mathbf{x}^j)$.

Построим целевые функции на множестве осей $i = 1, \dots, m$, образующих m -мерное целевое пространство. Множество недоминируемых решений будет всегда лежать на границе всей допустимой области. Проведем прямую, соединяющую идеальную точку с исходной. Эта линия, соединяя точки двух пространств: пространства целевых точек и пространства исходных точек, не лежит ни в одном из них. Поэтому наилучшая точка будет находиться на пересечении множества идеальных точек с множеством точек целевого пространства.

Если в пространстве целей известно допустимое отклонение целевой точки от идеальной, то расстояние между ними $\mathbf{a} = (a_1, a_2, \dots, a_m) \in R^m$. В этом случае прямая линия соединяет идеальную точку с допустимой.

В задачах со многими целями определение допустимого отклонения от идеальной точки может рассматриваться как первый пробный шаг при любой методологии решения.

На основе методов теории нечетких множеств разработан, например, многопараметрический критерий эффективности интеллектуальной системы реального времени [13], который позволяет обеспечить толерантность результата по отношению к неточности обрабатываемых информационных массивов.

Известны и другие критерии эффективности систем: экономические (критерий полных затрат, критерий средних потерь и др.); вероятность выполнения целевой функции; надежность, быстродействие; пропускная способность; способность к адаптации и др. [11].

Подход к рассмотрению сетевых систем реализации учебного процесса с позиций системного анализа оценки их эффективности предполагает неразрывное единство технической части сети и других элементов и связей системы. Как справедливо отмечается в [9], такой подход с позиции общей теории систем является единственно продуктивным при исследовании объекта как целого, состоящего из взаимодействующих компонентов,

независимо от их физической природы. Требования к синтезу сетевых систем реализации учебного процесса могут быть сформированы только в том случае, если известны характеристики и функции составляющих частей системы и физические способы взаимодействия между ними. Данные сведения являются как бы основой, на которой исследуются способы согласования биологических и технических звеньев с учетом целей их взаимодействия и способов общения. Это предполагает сложную взаимосвязь между физическими и информационными аспектами, целями и структурно-функциональной организацией системы уже на этапе построения исходной макроструктуры реализации учебного процесса. Известны 2 основных принципа сопряжения технических и биологических элементов в единой функциональной системе: принцип адекватности, требующий согласования основных конструктивных параметров и «управленческих характеристик» биологических и технических элементов системы, и принцип единства информационной среды, требующий согласования свойств информационных потоков, циркулирующих между техническими и биологическими элементами системы [14]. Эти принципы в полной мере можно отнести к реализации сетевых систем учебного процесса.

В рамках теории эрготехнических систем [14] рассматриваемая задача занимает специфическое место, отличаясь неоднородностью характеристик входящих в состав системы элементов и способов их описания (двойная гетерогенность).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что наиболее адекватной является модель, понимаемая как биотехническая информационная система учебного назначения, а общим методом является формальное моделирование на основе теорий информационных и биотехнических систем.

В соответствии с моделью учебного процесса (см. рис. 1) одним из главных видов деятельности обучающего в ИПД₁ является определение исходной информации об объекте изучения, т. е. некоторой его первичной информационной модели.

Под объектом понимается любая сущность или явление, с которыми имеет дело обучающий. Модель некоторого объекта $S: \langle S \rangle$ приобретает смысл, если указан способ ее описания, содержащий множество понятий $\{\xi\}$. При этом если множество $\{\xi\}$ составлено из формальных поня-

тий \mathfrak{a} , то модель $\langle S \rangle^{\mathfrak{a}}$ – формальна. В этом случае множество $\{\xi\}$ должно быть формальным тезаурусом.

Под сигналом понимается состояние некоторого объекта Y , сформировавшегося как следствие изменения состояния другого объекта X , который естественно назвать источником сигнала. При наличии третьего объекта Z , новое состояние которого наступает вследствие изменения состояния Y , объект Y будет источником сигнала относительно Z и приемником сигнала относительно X :

$$\langle X \rangle^{\xi_X} \longrightarrow \langle Y \rangle^{\xi_Y} \longrightarrow \langle Z \rangle^{\xi_Z}, \quad (2)$$

где ξ_X, ξ_Y, ξ_Z – тезаурусы X, Y, Z соответственно; символ \longrightarrow означает причинно-следственный переход.

Источник информации формирует, таким образом, первичную информационную модель объекта.

Если известна или эвристически принята некоторая функциональная зависимость между сигналом и его источником, то для ее записи можно использовать понятие оператора Q , а формула (2) записывается в виде

$$\langle X \rangle^{\xi_X} \xrightarrow{Q_1} \langle Y \rangle^{\xi_Y} \xrightarrow{Q_2} \langle Z \rangle^{\xi_Z},$$

если $\{\xi_X, \xi_Y, \xi_Z\} \in \xi(X, Y, Z)$ описывается в рамках одного тезауруса, или

$$\langle X \rangle^{\xi_X} \xrightarrow{Q_1^{\xi_X \xi_Y}} \langle Y \rangle^{\xi_Y} \xrightarrow{Q_2^{\xi_Y \xi_Z}} \langle Z \rangle^{\xi_Z}$$

в общем случае, если тезаурусы ξ_X, ξ_Y и ξ_Z не соподчинены некоторому ξ .

Распространенное понимание сигнала как физического носителя информации, адекватное физико-техническим основам теории связи, требует более широкого толкования. Так, рассуждая об информации и сигнале, Н. Винер пишет [15]: «Информация должна переноситься каким-то физическим процессом, например, посредством какого-нибудь излучения» и «... информация представляет собой воспроизведение множества состояний ее носителя пространственно-временной упорядоченности множества состояний ее источника, воздействующего на носитель». В этом смысле физическая природа сигнала отстает на

второе место после его информационной сущности, которая и определяется способом описания первичной информационной модели. Тогда информация оказывается также относительной и зависит от способа описания ее носителя, который выбирается обучающим, руководствующимся теми или иными целями.

Таким образом, информация непосредственно связана с представлениями об объеме реально возможных состояний ее носителя, которые могут быть в свою очередь конкретными лишь при задании некоторого способа их описания. В связи с этим информация может трактоваться и как субъективная реальность.

Такое понимание информации соотносится с рассматриваемым в настоящей статье подходом. Если под информационными потоками в среде сетевого взаимодействия понимать циркуляцию сигналов по каналам системы, то тогда информационные потоки – это процессы, потенциально способные содержать информацию. Однако сама информация как реальность появляется лишь внутри приемника (обучаемого), который обладает способностью узнавать принятый сигнал, отражать его в виде образа и осознавать. В транскрипции формального подхода это положение запишется следующим образом:

$$\langle X \rangle^{\xi_X} \xrightarrow{Q_{12}^{\xi_X \xi_Y}} \langle Y \rangle^{\xi_Y} \xrightarrow{Q_{23}^{\xi_Y \xi_Z}} \langle Z \rangle^{\xi_Z} \\ \xrightarrow{Q_{34}} \langle \langle Y \rangle^{\xi_Y} \rangle^{\xi_Z} \xrightarrow{Q_{34}} \langle \langle X \rangle^{\xi_X} \rangle^{\xi_Z}.$$

В приемнике $\langle Z \rangle^{\xi_Z}$ в результате взаимодействия с сигналом $\langle Y \rangle^{\xi_Y}$ возникает чувственный образ $\langle \langle Y \rangle^{\xi_Y} \rangle^{\xi_Z}$, осознаваемый в образе $\langle \langle X \rangle^{\xi_X} \rangle^{\xi_Z}$. Оператор Q_{34} осуществляет как бы обратное преобразование $\langle Y \rangle^{\xi_Y}$ в $\langle X \rangle^{\xi_X}$, но в терминах приемника Z , т. е. в многообразии тезауруса ξ_Z . Потенциальная возможность содержания информации в объекте, а затем в сигнале превращается в реальность в образе $\langle \langle X \rangle^{\xi_X} \rangle^{\xi_Z}$.

Таким образом, важнейшей задачей развития сетевого взаимодействия при реализации образовательных программ является создание эффективной среды транслирования информации учебного

характера как от обучающего к обучаемому, так и в обратном направлении. Технологической базой организации и реализации сетевых систем можно считать операторный подход. В основу оценки эффективности сетевых образовательных систем рационально положить операторную форму поиска среди множества недоминируемых решений.

Реализация сетевых образовательных программ должна опираться на децентрализованную распределенную систему как в аспекте размеще-

ния ресурсов (образовательных, директивных и т. д.), так и в аспекте организации поиска информации и осуществления навигации. При этом проблема состоит не в создании собственно телекоммуникационной сети научно-образовательной сферы (она развита на сегодняшний день на достаточно высоком уровне), а в организации эффективной среды сетевого взаимодействия вузов и других организаций для реализации той или иной образовательной программы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лысенко Н. В., Ахлаков М. К., Демина Е. А. Схемы реализации сетевых образовательных программ // Материалы междунар. форума «Современное образование: содержание, технологии, качество», СПб., 21–22 апр. 2010 г. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010. Т. 1. С. 263–265.
2. Окрепилов В. В. Проблемы повышения качества в подготовке специалистов: образование как элемент устойчивого развития // Материалы XX междунар. конф. «Современное образование: содержание, технологии, качество», СПб., 23 апр. 2014 г. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. Т. 1. С. 4–6.
3. Лысенко Н. В. Информационные гетерогенные системы. СПб.: Элмор, 2007. 159 с.
4. Ронжин О. В. Информационные методы исследования эргатических систем. М.: Энергия, 1976. 208 с.
5. Дружинин В. В., Конторов Д. С. Системотехника. М.: Радио и связь, 1985. 199 с.
6. Попечителей Е. П., Юлдашев З. М. Биотехнические системы в офтальмодиагностических исследованиях: учеб. пособие / ГЭТУ. СПб., 1997. 64 с.
7. Юлдашев З. М. Автоматизированные системы для исследования зрения с электронными устройствами визуализации и активным управлением параметрами зрительных стимуляторов: дис. ... д-ра техн. наук / СПбГЭТУ. СПб., 1999. 319 с.
8. Колмогоров А. Н. Теория информации и теория алгоритмов. М.: Наука, 1987. 304 с.
9. Хартли Р. Передача информации / пер. с англ. М.: Наука, 1963. 350 с.
10. Хромов Л. И. Информационная революция и виртуальное познание / ЗАО ЭВС. СПб., 2000. 120 с.
11. Попечителей Е. П. Методы медико-биологических исследований. Системные аспекты: учеб. пособие / ЖИТИ. Житомир, 1997. 186 с.
12. Шаракшанэ А. С., Железнов И. Г. Испытания сложных систем. М.: Высш. шк., 1974. 183 с.
13. Кастнер С., Нечаев Ю. И., Дегтярев А. Б. Нечеткий логический базис в задачах критериальной оценки ситуации при функционировании интеллектуальных систем реального времени // Сб. докл. Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ, 1999. Т. 1. С. 85–88.
14. Биотехнические системы: теория и проектирование / под ред. В. М. Ахутина. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1981. 220 с.
15. Винер Н. Кибернетика. М.: Сов. радио, 1968. 311 с.

E. A. Demina, N. V. Lysenko, A. M. Monchak
Saint-Petersburg state electrotechnical university «LETI»

EFFICIENCY OF NET HETEROGENEOUS INFORMATION SYSTEM

The models of realization of the network interaction environment in the system of higher education and approaches to an estimation of efficiency of information heterogeneous systems of training are considered. The operator form of searching of the networking performance criteria is proposed.

Network interaction, heterogeneous system, criterion of efficiency
