

А. И. Вершина, Г. Г. Киричек, Д. М. Пиза

МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА УНИВЕРСИТЕТА

Построение модели учебного процесса университета тесно связано с информационным обеспечением. В статье рассматриваются возможность и особенности решения задачи построения модели информационно-образовательной системы университета, основанной на предположении, что вероятность получения некоторого объема информации в бесконечно малом промежутке времени из различных мест хранения пропорциональна размеру этого промежутка. Такой подход хорошо согласуется с моделью учебного процесса, основанной на этих же принципах.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время уровень информатизации учебной и научной деятельности в университетах еще весьма низок, хотя практически все они имеют выход в мировую информационную сеть. Поэтому создание условий для перехода к новому уровню образования на основе информационных технологий является актуальной задачей дальнейшей информатизации университета [1].

На пути компьютеризации и внедрения новых технологий библиотека университета предоставляет условия для реализации права на информацию всем пользователям, формируя современную библиотечно-информационную базу, обеспечивающую доступ профессорско-преподавательскому составу, сотрудникам и студентам к библиотечным фондам и базам данных. Создается полнотекстовая учебно-методическая база данных: методические пособия и указания, литература и рекомендации, базы данных реферативных и электронных журналов по всем дисциплинам и направлениям научных исследований.

Необходимость обеспечения учебного процесса и научных исследований выше перечисленными информационными ресурсами определяет целесообразность внедрения в кратчайшие сроки новых методов предоставления информации всем участникам учебного процесса. В статье рассматривается одна из возможностей построения нижнего уровня информационно-образовательной системы университета, основанной на ее математической модели. В дальнейшем возможно использовать решение данной задачи для построения более высоких уровней модели информационной системы университета с интеграцией полученных наработок в единую систему.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В связи с тем, что создание и хранение информационных ресурсов дополняется обеспечением к ним удаленного доступа и, обращаясь к системе, пользователи получают не только ссылку на имеющийся доку-

мент, но и сам документ, быстрота доставки необходимой информации является важным элементом данного исследования [2].

Время получения и передачи определенного объема информации каждому из участников учебного процесса зависит от места хранения и скорости передачи этой информации, а также факторов, носящих случайный характер.

Построение современной эффективной системы информационного обеспечения решает задачи объединения традиционной и электронной форм предоставления информации, создания больших возможностей оперативно и полно удовлетворять потребности в ней, обеспечения принципиально нового уровня получения и обобщения знаний, их распространения и использования.

Первоочередной становится проблема адаптации участников учебного процесса к всевозрастающему потоку информации, свободному ориентированию в информационных массивах и умению быстро находить и использовать в своей работе все имеющиеся информационные ресурсы [3].

Решение затронутых выше проблем является трудоемкой задачей, требующей значительных затрат. Вопрос об очередности и целесообразности проведения тех или иных мероприятий требует создания такой математической модели, которая позволила бы количественно оценить влияние информационного обеспечения на учебный процесс. Попытки создания математической модели учебного процесса изложены в работах [4, 5]. Модель обучения основана на понятиях "интенсивности" обучения, условий, при которых качество обучения остается постоянным, что позволяет рассматривать обучение с позиции цепей Маркова. В рамках такой модели влияние систем информационного обеспечения проявляется в значениях параметров.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Простейшая модель получения информации основана на предположении, что вероятность $\Delta i(t)$ получения некоторого объема информации в бесконечно малом промежутке времени Δt будет пропорциональна величине этого промежутка. Это позволяет записать

$$\Delta i(t) = i(t + \Delta t) - i(t) = [1 - i(t)]\nu \Delta t, \quad (10)$$

где $i(t)$ – вероятность того, что за время t получен определенный объем информации; ν – коэффициент пропорциональности, который отражает интенсивность по-

лучения информации и определяет уровень эффективности систем информационного обеспечения.

Переходя к пределу $\Delta t \rightarrow 0$, получим дифференциальное уравнение

$$di(t) = [1 - i(t)]\nu dt, \quad (11)$$

решение которого имеет вид

$$i(t) = 1 - e^{-\nu t}. \quad (12)$$

Плотность распределения времени получения элемента нужной информации определяется выражением

$$p_i(t) = \frac{di(t)}{dt} = \nu e^{-\nu t}, \quad (13)$$

то есть подчиняется экспоненциальному закону.

Если получение определенного объема информации описывается экспоненциальным законом, то получение больших объемов информации, представляющих собой совокупность α объемов, описываемых экспоненциальным законом, приводит к гамма-распределению [6], то есть

$$p(t) = \frac{\nu^\alpha}{\Gamma(\alpha)} t^{\alpha-1} e^{-\nu t}, \quad (14)$$

где $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty t^{\alpha-1} e^{-t} dt$ – гамма-функция Эйлера.

Для произвольного времени T , затраченного на получение определенного объема информации, вероятность $I(T)$ получения нужной информации определяется выражением

$$I(T) = \int_0^T p(t) dt = \frac{\nu^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \int_0^T t^{\alpha-1} e^{-\nu t} dt. \quad (15)$$

Ожидаемое время получения информации равно

$$\bar{T} = \int_0^\infty tp(t) dt = \frac{\nu^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \int_0^\infty t^\alpha e^{-\nu t} dt = \frac{\alpha}{\nu}. \quad (16)$$

Как правило, время на получение информации T_0 ограничено и оно пропорционально ожидаемому времени $\bar{T}$:

$$T_0 = \eta \bar{T} = \eta \frac{\alpha}{\nu}, \quad (17)$$

где η – коэффициент пропорциональности.

В этом случае имеем

$$I(T_0) = \int_0^{\frac{\eta\alpha}{\nu}} p(t) dt = \frac{\nu^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \int_0^{\frac{\eta\alpha}{\nu}} t^{\alpha-1} e^{-\nu t} dt. \quad (18)$$

После внесения ν^α под знак интеграла, замены переменной $z = \nu * t$ и изменения пределов интегрирования получим

$$I(T_0) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^{\eta\alpha} z^{\alpha-1} e^{-z} dz = I(\eta, \alpha). \quad (19)$$

Из этого следует, что вероятность получения информации в случае выделения времени пропорционально ожидаемому $\bar{T}$ не зависит от значения ν .

Если за заданное время T_0 объем информации не получен, то необходимо дополнительное время T_d . Это время разумно также выделять пропорционально ожидаемому времени на получение информации. Если считать, что объем дополнительной информации в одинаковой мере затрагивает каждую порцию, то количество элементов α останется прежним, а изменится значение ν . В соответствии с полученным выражением (10), вероятность получения информации за дополнительное время не изменится.

Проведя выкладки аналогично выкладкам, приведенным в работе [4], получим выражение

$$T_d = \frac{\nu^\alpha}{\Gamma(\alpha)} T_0^\alpha \frac{1}{\nu} * e^{-\nu T_0} + \left(\frac{\alpha}{\nu} - T_0\right) [1 - I(T_0)]. \quad (20)$$

После подстановки T_0 из формулы (8), с учетом (10) получим

$$T_d = \frac{1}{\nu \Gamma(\alpha)} (\eta\alpha)^\alpha e^{-\eta\alpha} + (1 - \eta) \frac{\alpha}{\nu} [1 - I(\eta, \alpha)]. \quad (21)$$

Если считать, что дополнительное время выделяется также пропорционально ожидаемому времени, то отношение δ дополнительного времени на получение материала к времени, выделенному на первоначальный объем информации, равно

$$\delta = \frac{(\eta\alpha)^\alpha}{\Gamma(\alpha+1)} e^{-\eta\alpha} + (1 - \eta) [1 - I(\eta, \alpha)]. \quad (22)$$

Из полученного выражения следует, что отношение дополнительного времени на обучение к первоначально выделяемому времени будет постоянной величиной, если считать, что $\eta = \text{const}$ и $\alpha = \text{const}$. В этих условиях процесс получения информации может описываться цепями Маркова.

В основе описанной модели лежит гипотеза о гамма-распределении времени получения информации. Проверка этой гипотезы в реальных условиях встречает определенные трудности.

Рассмотрим простейшие процессы получения информации участниками учебного процесса из двух возможных мест ее хранения (сеть Интернет, файл-сервер библиотеки). За основу возьмем поиск определенного объема информации при одинаковых условиях доступа к ней 60 участниками эксперимента с регистрацией времени ее получения. K -й участник данного эксперимента при получении информации поднимал руку, фиксировал время на компьютере и сообщал его наблюдателю за экспериментом. Такая реализация процесса поиска информации прошла без особых трудностей и позволила получить определенный статистический материал по времени получения необходимых для процесса образования информационных материалов определенного объема из двух различных мест хранения. Полученные результаты зафиксированы в приведенных ниже таблицах 1 и 4, и по их

данным нами составлены итоговые таблицы 2 и 5, которые содержат частоты попадания n_i в соответствующие временные интервалы. На рисунках 1 и 2 представлены, соответственно, гистограмма частот времени получения информации из сети Интернет и гистограмма частот времени получения информации из базы библиотеки, представляющие собой кривые гамма-распределения.

Таблица 1 – Время получения определенного объема информации из Интернет

k	t _k , мин	k	t _k , мин	k	t _k , мин
1	2.8	21	2.0	41	3.4
2	3.4	22	3.2	42	4.8
3	3.3	23	3.5	43	1.9
4	3.8	24	1.5	44	5.6
5	2.2	25	4.8	45	3.4
6	3.4	26	2.8	46	4.9
7	1.9	27	5.6	47	2.1
8	5.6	28	2.0	48	4.3
9	2.7	29	4.5	49	7.1
10	1.5	30	4.2	50	6.4
11	6.4	31	3.2	51	4.0
12	3.3	32	4.1	52	1.5
13	7.1	33	3.4	53	3.6
14	3.5	34	6.3	54	2.8
15	2.8	35	2.6	55	2.5
16	4.8	36	5.1	56	4.8
17	3.6	37	5.6	57	4.5
18	3.6	38	3.7	58	2.4
19	4.8	39	3.5	59	4.4
20	1.5	40	1.9	60	2.8

Таблица 2 – Частота попадания во временные интервалы для таблицы 1

$t_i < t \leq t_{i+1}$	$0 < t \leq 1.5$	$1.5 < t \leq 3.0$	$3.0 < t \leq 4.5$	$4.5 < t \leq 6.0$	$6.0 < t \leq 7.5$
n_i	4	16	24	11	5

Для значений

$$\nu = 1.28 \text{ и } \alpha = 5.0 \quad (23)$$

предполагаемая плотность распределения равна

$$p(t) = \frac{1.28^{5.0}}{\Gamma(5)} t^{4.0} e^{-1.28t} \quad (24)$$

Для сравнения теоретического и экспериментального распределений воспользуемся критерием Пирсона [5].

Определим вероятности попадания значений времени в границы выделенных интервалов:

$$P(t_i < t \leq t_{i+1}) = \int_{t_i}^{t_{i+1}} p(t) dt \quad (25)$$

Находим ожидаемое количество событий n'_i , приходящих на каждый интервал

$$n'_i = N * P(t_i < t \leq t_{i+1}), \quad (26)$$

где N – количество проведенных наблюдений.

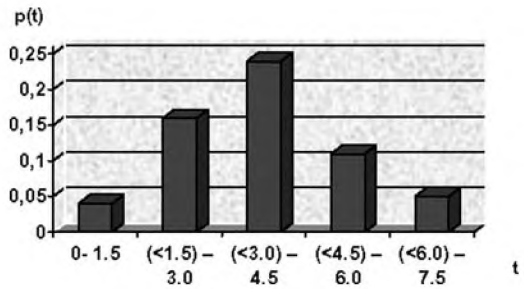


Рисунок 1 – Гистограмма частот времени получения информации из сети Интернет

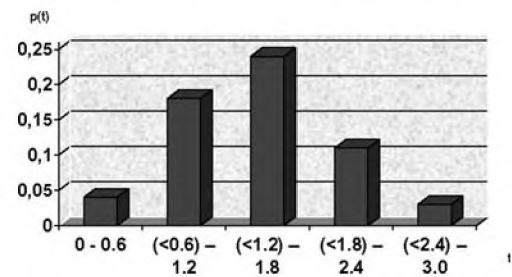


Рисунок 2 – Гистограмма частот времени получения информации из базы библиотеки

Определим значение $\chi^2_{\text{набл}}$, которое находится по формуле

$$\chi^2_{\text{набл}} = \sum_i \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i} \quad (27)$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 3.

Таблица 3 – Оценка наблюдаемого $\chi^2_{\text{набл}}$

$t_i < t \leq t_{i+1}$	n_i	$P(t_i < t \leq t_{i+1})$	n'_i	$\frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$
$0 < t \leq 1.5$	4	0.046	2.74	0.575
$1.5 < t \leq 3.0$	16	0.294	17.65	0.155
$3.0 < t \leq 4.5$	24	0.342	20.50	0.599
$4.5 < t \leq 6.0$	11	0.199	11.94	0.074
$6.0 < t \leq 7.5$	5	0.082	4.90	0.002

$$\chi^2_{\text{набл}} = 1.405$$

Число степеней свободы определяется выражением

$$i - r - 1 = 2, \quad (28)$$

где $i = 5$ – количество интервалов после объединения; $r = 2$ – число параметров, оцениваемых при выборке (14).

Из таблицы критических точек распределения $\chi^2_{\text{кр}}$ по уровню значимости 0.05 и числу степеней свободы, равному 2, находим критическую точку правосторонней критической области:

$$\chi^2_{\text{кр}}(0.05, 2) = 6.0. \quad (29)$$

Так как $\chi^2_{\text{набл}} < \chi^2_{\text{кр}}$, то нет оснований отвергать гипотезу о гамма-распределении и данные наблюдений согласуются с этой гипотезой.

Исследуем время получения определенного объема информации из базы библиотеки.

Полученные данные сведем в таблицу 4.

Таблица 4 – Время получения определенного объема информации из базы библиотеки

k	t _k , мин	k	t _k , мин	k	t _k , мин
1	1.1	21	0.8	41	1.4
2	1.4	22	1.2	42	1.9
3	1.3	23	1.5	43	0.7
4	1.9	24	0.5	44	2.2
5	0.9	25	1.8	45	1.4
6	1.4	26	1.0	46	1.9
7	0.7	27	2.2	47	0.7
8	2.5	28	0.8	48	1.7
9	1.0	29	1.7	49	2.9
10	0.5	30	1.6	50	2.5
11	2.4	31	1.2	51	1.5
12	1.3	32	1.5	52	0.6
13	1.9	33	1.4	53	1.4
14	1.4	34	2.0	54	1.0
15	1.0	35	1.0	55	1.3
16	1.8	36	1.9	56	1.9
17	1.4	37	2.1	57	1.7
18	1.4	38	1.4	58	0.9
19	1.7	39	1.4	59	1.8
20	0.5	40	0.7	60	1.0

Таблица 5 – Частота попадания во временные интервалы для таблицы 4

t _i < t ≤ t _{i+1}	0 < t ≤ 0.6	0.6 < t ≤ 1.2	1.2 < t ≤ 1.8	1.8 < t ≤ 2.4	2.4 < t ≤ 3.0
n _i	4	18	24	11	3

Для данных, приведенных в таблице 4, используем значения

$$\nu = 0.344 \text{ и } \alpha = 3.921. \quad (30)$$

Отсюда предполагаемая плотность распределения равна

$$p(t) = \frac{0.344^{3.921}}{\Gamma(3.921)} t^{2.921} e^{-0.344t}. \quad (31)$$

Данные для сравнения теоретического и экспериментального распределений по критерию Пирсона [5] сведем в таблицу 6.

Таблица 6 – Оценка наблюдаемого $\chi^2_{\text{набл}}$

t _i < t ≤ t _{i+1}	n _i	P(t _i < t ≤ t _{i+1})	n _i '	$\frac{(n_i - n_i')^2}{n_i}$
0 < t ≤ 0.6	4	0.097	5.80	0.557
0.6 < t ≤ 1.2	18	0.303	18.19	0.078
1.2 < t ≤ 1.8	24	0.282	16.92	3.854
1.8 < t ≤ 2.4	11	0.172	10.32	0.045
2.4 < t ≤ 3.0	3	0.085	5.11	0.870

$$\chi^2_{\text{набл}} = 5.404$$

Число степеней свободы равно

$$i - r - 1 = 2. \quad (32)$$

В соответствии со значением критической точки правосторонней критической области (20) также имеем $\chi^2_{\text{набл}} < \chi^2_{\text{кр}}$, то есть нет оснований отвергать и в этом случае гипотезу о гамма-распределении и данные наблюдений также согласуются с этой гипотезой.

Модель процесса получения знаний, описанная в работе [4], основана также на том, что вероятность получения знаний в бесконечно малом интервале времени пропорциональна этому интервалу. При этом предполагалось, что объем информации предлагаемый для усвоения получен. Так как процесс получения информации является неотъемлемой частью обучения, то обучение можно рассматривать как произведение двух событий: "получения нужной информации" и "усвоение информации". Вероятность обучения $P_{\text{об}}$ равна произведению вероятности получения нужной информации $P_{\text{ин}}$ на вероятность усвоения полученной информации $P_{\text{ус}}$:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ин}} P_{\text{ус}}. \quad (33)$$

Данное выражение можно использовать в случае, когда время, выделяемое на поиск информации и время на ее усвоение, задаются независимо друг от друга. Причем, если выделение времени осуществляется пропорционально ожидаемому, все составляющие выражения (24) будут принимать постоянные значения.

В случае, если выделяется общее время на поиск и усвоение, плотность распределения времени на обучение $p_{\text{об}}(t)$ представляет собой композицию плотности распределения времени на поиск информации $p_i(t)$ и плотности распределения времени на усвоение $p_{\text{ус}}(t)$:

$$p_{\text{об}}(t) = p_i(t) * p_{\text{ус}}(t), \quad (34)$$

где * – символ композиции.

Плотность распределения времени на усвоение материала, в соответствии с работой [4], имеет вид

$$p_{\text{ус}}(t) = \lambda e^{-\lambda t}. \quad (35)$$

Плотность распределения величины определяется выражением

$$p_{\text{об}}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} p_i(x) p_{\text{ус}}(t-x) dx. \quad (36)$$

Подстановка плотностей распределения (4) и (26) в (27) с учетом того, что при $\tau < 0$ имеем $p_i(\tau) = 0$ и $p_{\text{ус}}(t-\tau) = 0$ при $\tau > t$ приводит к обобщенному закону Эрланга 1-го порядка [6]:

$$p_{\text{об}}(t) = \frac{\nu \lambda (e^{-\nu t} - e^{-\lambda t})}{\lambda - \nu}. \quad (37)$$

При $\nu = \lambda$, после раскрытия неопределенности имеем

$$p_{\text{об}}(t) = \lambda^2 t e^{-\lambda t}. \quad (38)$$

Условия, при которых процесс обучения можно будет описывать цепями Маркова требует дальнейших исслед-

дований. Если считать, что усвоение знаний и получение информации не зависят друг от друга, то можно воспользоваться выражением (25), а каждый из процессов описывать цепями Маркова.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Рассмотрены законы распределения времени получения информации участниками учебного процесса. Показано, что получение информации достаточно хорошо описывается экспоненциальным законом для малых объемов информации и гамма-распределением для больших объемов. На примерах продемонстрировано подтверждение теоретических предположений экспериментальными данными. Намечены пути объединения модели учебного процесса с процессом его информационного обеспечения.

Как мы видим из сравнения таблиц 1 и 3, наличие хорошо систематизированных материалов в собственной информационной системе университета обеспечит уменьшение материальных и временных затрат на поиск и получение необходимых информационных ресурсов всеми участниками учебного процесса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ориентация библиотеки на обеспечение образовательной деятельности университета и современные условия подготовки специалистов предъявляют высокие требования к актуальности информации, своевременности ее получения [7].

Предлагаемая модель информационного обеспечения как основа образовательного пространства создает предпосылки для получения эффективного сотрудничества между различными участниками образовательного процесса, целью которого является создание единой информационно-образовательной среды университета.

Достигнутые результаты планируется использовать в построении более высоких уровней иерархии информационной модели вуза, а именно: при построении иерархической структуры информационного обеспечения процесса обучения; при исследовании качества взаимодействия системы обучения с системой ее информационного обеспечения; при построении алгоритма анализа качества

информационного обеспечения процесса обучения; при создании модели управления информационными потоками для процессов образования в университете; при построении системы информационного обеспечения на всех уровнях обучения.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. A Survey of Distance Education Challenges and Technologies. International Journal of Distance Education Technologies, Jan-Mar 2003, Vol. 1. Issue 1, p1, 21p; (AN 10166088).
2. Юдин В.В. Библиотечный комплекс вуза для дистанционного образования // Библиотеки и ассоциации в меняющемся мире: новые технологии и новые формы сотрудничества: Тема 2003 года: Библиотека и доступность информации в современном мире: электронные ресурсы науке, культуре и образованию: Тр.конф./ 10-я юбил.междунар.конф."Крым-2003", – М.: ГПНТБ России, 2003. – Т. 3. – С. 906–908.
3. Немцев О.В. Информационная среда вуза // Проектирование образовательных информационных ресурсов, систем и технологий. Сб. докладов и сообщений. – М.: ИЦПКПС, 1998. – С. 55–60.
4. Вершина А.И., Солдатов Б.Т. Моделирование процесса обучения // "Радіоелектроніка. Інформатика. Управління". – Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. – №1. – С. 65–72.
5. Вершина А.И., Солдатов Б.Т., Ермоленко А.А. Учебный процесс как иерархическая система // "Радіоелектроніка. Інформатика. Управління". – Запоріжжя: ЗНТУ, 2004. – №1. – С. 54–62.
6. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. – М.: Высшая школа, 1975. – 336 с.
7. Киричек Г.Г. Использование электронных ресурсов библиотеки университета в учебном процессе // Електронні ресурси в бібліотеках – 2004: Матеріали конференції / Науково-практична конференція, 17–21 травня 2004 р., м. Миколаїв. – К.: ТОВ "ІММ "Фраксім", 2004. – 92 с.

Надійшла 19.04.2004
Після доробки 29.10.2004

Побудова моделі навчального процесу університету тісно зв'язана з інформаційним забезпеченням. У статті розглядаються можливість і особливості рішення задачі побудови моделі інформаційно-освітньої системи університету, заснованої на припущенні, що імовірність одержання деякого обсягу інформації в нескінченно малому проміжку часу з різних місць збереження пропорційна розміру цього проміжку. Такий підхід добре узгоджується з моделлю навчального процесу, яка заснована на цих же принципах.

Modelling a university educational process is closely related to information supply. The article deals with the way to model the university information and educational system, based on the assumption that the probability of retrieving a certain amount of information from different storage locations within an infinitesimal time interval is proportional to the length of this interval. Such approach is well in line with the educational process model, based on the same principles.

УДК 519.6:514.1

И. В. Гребенник, Т. Е. Романова, Л. Г. Евсеева

ОСНОВНАЯ ОПТИМИЗАЦИОННАЯ ЗАДАЧА ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ИНТЕРВАЛЬНОМ ВИДЕ

Строится математическая модель оптимизационной задачи геометрического проектирования в интервальном пространстве. Выделяются множества базовых двумерных и трехмерных интервальных геометрических объектов. Вводится

понятие геометрической информации о базовых и составных интервальных геометрических объектах. Формируется область допустимых решений оптимизационной интервальной задачи размещения с использованием метода Ф-функций.