

УДК 004.09

**А.И. Вершина** (канд. техн. наук, доц.),

**Г.Г. Киричек** (канд. техн. наук, доц.)

Запорожский национальный технический университет

vershina@vovinam.zp.ua, kirichek@zntu.edu.ua

## **МОДЕЛЬ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ДИСЦИПЛИН В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ**

Рассмотрено взаимное влияние изучаемых дисциплин на процесс обучения. Дисциплины представлены в виде иерархии взаимосвязанных объектов, а обучение - взаимосвязью этапов усвоения и проверки знаний, описанных как Марковский процесс. Параметрами этапов являются вероятности качественного усвоения и качественной проверки знаний, а также затраты на выполнение этих этапов. Различные варианты взаимосвязи изучаемых дисциплин дают разные уровни качества и затрат, определяя эффективность процесса обучения.

**Ключевые слова:** знания, дисциплина, информация, конечные цепи Маркова, процесс обучения.

### ***Введение***

При моделировании процесса обучения, с учетом и без учета влияния информационных систем, в работах [1,2] изучение каждой дисциплины рассматривается как независимый процесс. В то же время взаимное влияние дисциплин в ряде случаев очень существенно. Так, изучение тем разных дисциплин одной специальности часто рассматривается, как одна дисциплина, однако, в соответствии с отраслевым стандартом высшего образования Украины, совокупность изучаемых тем каждого из предметов представлена различными блоками смысловых модулей, а в процессе обучения они представлены различными дисциплинами.

В данной работе структура процесса изучения каждой дисциплины представлена взаимосвязью этапов обучения и проверки знаний. В качестве параметров этапов используются вероятность качественного усвоения и качественной проверки знаний, а также затраты на выполнение этих этапов.

Вводимые вероятности, с одной стороны, отражают качество обучения, а с другой - представляют вероятности переходов от одного этапа обучения к другому. При использовании вероятностных характеристик важным условием является их постоянство. Это позволяет описывать процесс обучения с помощью цепей Маркова. Постоянство

вероятностей переходов также связано с проблемой нормирования времени, выделяемого на обучение.

При различных вариантах взаимосвязи дисциплин в процессе обучения получим разные значения качества и затрат, что в конечном счете определит эффективность изучения этих предметов и их взаимодействующих частей.

### ***Постановка задачи***

При доскональном изучении можно наблюдать, что совокупность тем и вопросов той или иной дисциплины представляет собой иерархическое множество взаимосвязанных объектов [3].

Причем, если рассматривать несколько дисциплин одной специальности, то получим пересечение данных связей в пределах нескольких изучаемых дисциплин. А если представить отдельную тему изучаемой дисциплины, как множество лекций (презентаций), лабораторных работ, практических заданий и реферативных исследований, то совокупность данных множеств образует каждую из рассматриваемых дисциплин.

Учитывая пересечение множеств, принадлежащих разным дисциплинам, построим модель взаимного влияния изучаемых дисциплин с целью оптимизации процессов обучения. Для учета таких взаимосвязей при создании инструментальных средств, в дальнейшем будем опираться на понятие семантической модели, которая представляет собой сеть с определенными вершинами и связями между ними [4,5]. Вершинами могут выступать отдельные темы, рассматриваемых дисциплин, их подтемы и виды выполняемых работ в процессе изучения дисциплин. Каждая тема может выступать как класс объектов, объекты и их свойства. Объектами могут выступать единичные минимизированные части изучаемой темы (контрольные вопросы), связанные с информационными единицами (ответы на данные вопросы), к которым студенты получают доступ в процессе обучения, посредством информационной системы.

Описание процесса обучения цепями Маркова предполагает наличие состояний данного процесса и вероятностей переходов от состояния к состоянию. Итерационный характер процесса обучения, предполагает повторение некоторых состояний. Наличие состояний, которыми завершается процесс обучения, является признаком поглощающей цепи.

Структура матрицы переходов для поглощающей цепи Маркова имеет вид [6]:

$$P = \begin{bmatrix} Q & R \\ 0 & E \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где  $Q$  - подматрица, описывающая поведение процесса до попадания в поглощающее состояние;

$R$  - подматрица переходов в поглощающие состояния;

$O$  - нулевая подматрица;

$E$  - единичная подматрица.

Фундаментальная матрица  $N = (E - Q)^{-1}$  позволяет получить ряд характеристик исследуемого процесса.

Элемент  $n_{i,j}$  матрицы  $N$  дает ожидаемое количество моментов времени, которое проводит процесс в состоянии  $j$  до попадания в поглощающее состояние при условии, что он начался в состоянии  $i$ . Элемент  $n_{i,j}$  связан с затратами на обучение, поэтому, в первом приближении, можно считать затраты ему пропорциональными.

Вероятность завершения процесса в том или ином поглощающем состоянии определяется элементами матрицы  $B = NR$  и зависит от того, какое состояние является исходным.

Постоянство вероятностных характеристик этапов процесса обучения является основой для создания данной модели. Если считать, что вероятность усвоения элемента знаний (правильный ответ на 1 вопрос, изучаемого материала) в бесконечно малом промежутке времени пропорциональна величине этого промежутка, то это приведет к экспоненциальному закону распределения времени на усвоение знаний. Совокупность усвоения множества элементов знаний, входящих в изучаемую дисциплину, приводит к гамма-распределению. При выделении времени на обучение пропорционально ожидаемому, получим постоянство вероятностей переходов.

Используя этот подход, рассмотрим взаимное влияние в процессе изучения, тесно связанных между собой дисциплин.

### **Моделирование взаимного влияния дисциплин**

Марковская модель обучения представлена следующими состояниями:

- состояние 1 - исходное состояние;
- состояние 2 - усвоение определенного объема знаний (знания, необходимые для ответа на один вопрос, изучаемой темы определенной дисциплины);
- состояние 3 - отсутствие удовлетворительного усвоения знаний;

- состояние 4 - результат усвоения знаний после проведения проверки знаний;

- состояние 5 - результат отсутствия удовлетворительного усвоения знаний после их проверки.

В данном случае состояниями 4 и 5 процесс обучения завершается.

Для процесса обучения 4 и 5 состояния являются поглощающими.

Матрицы  $Q$  и  $R$  соответственно равны:

$$Q = \begin{bmatrix} 0 & K_0 & 1 - K_0 \\ 1 - A & 0 & 0 \\ \bar{A} & 0 & 0 \end{bmatrix}; \quad R = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ A & 0 \\ 0 & 1 - \bar{A} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где  $K_0$  - вероятность усвоения знаний;

$A$  и  $\bar{A}$  - вероятности качественной проверки усвоенных и неувоенных знаний, соответственно.

После соответствующих подстановок фундаментальная матрица приобретает вид:

$$N = \frac{1}{1 - (1 - K_0)\bar{A} - K_0(1 - A)} \begin{bmatrix} 1 & K_0 & 1 - K_0 \\ 1 - A & 1 - (1 - K_0)\bar{A} & (1 - K_0)(1 - A) \\ \bar{A} & K_0\bar{A} & 1 - K_0(1 - A) \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Она позволяет оценить вероятность попадания в соответствующее поглощающее состояние:

$$B = \frac{1}{1 - (1 - K_0)\bar{A} - K_0(1 - A)} \begin{bmatrix} K_0A & (1 - K_0)(1 - \bar{A}) \\ [1 - (1 - K_0)\bar{A}]A & (1 - K_0)(1 - A)(1 - \bar{A}) \\ K_0\bar{A}A & [1 - K_0(1 - A)](1 - \bar{A}) \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Элементы  $n_{1,1}$  и  $b_{1,1}$  матриц  $N$  и  $B$  соответственно равны:

$$n_{1,1} = \frac{1}{1 - F}; \quad b_{1,1} = \frac{K_0A}{1 - F}, \quad (6)$$

где  $F = (1 - K_0)\bar{A} + K_0(1 - A)$ .

Рассмотрим два варианта структуры изучения совокупности

связанных тем на примере двух взаимосвязанных дисциплин.

Связь между обучением, видами контроля, оцениванием знаний и умений обеспечивает информационная база, путем получения доступа к ней студентов с помощью поискового модуля информационной системы в процессе обучения [7]. В дальнейшем, рассматривая связи тематических уровней изучаемых дисциплин, усилим данные связи, учитывая влияние информационного обеспечения на процесс обучения и его иерархическую структуру [8].

Первому варианту (рис.1) соответствует отсутствие непосредственной связи между разделами (модулями, темами) дисциплин.

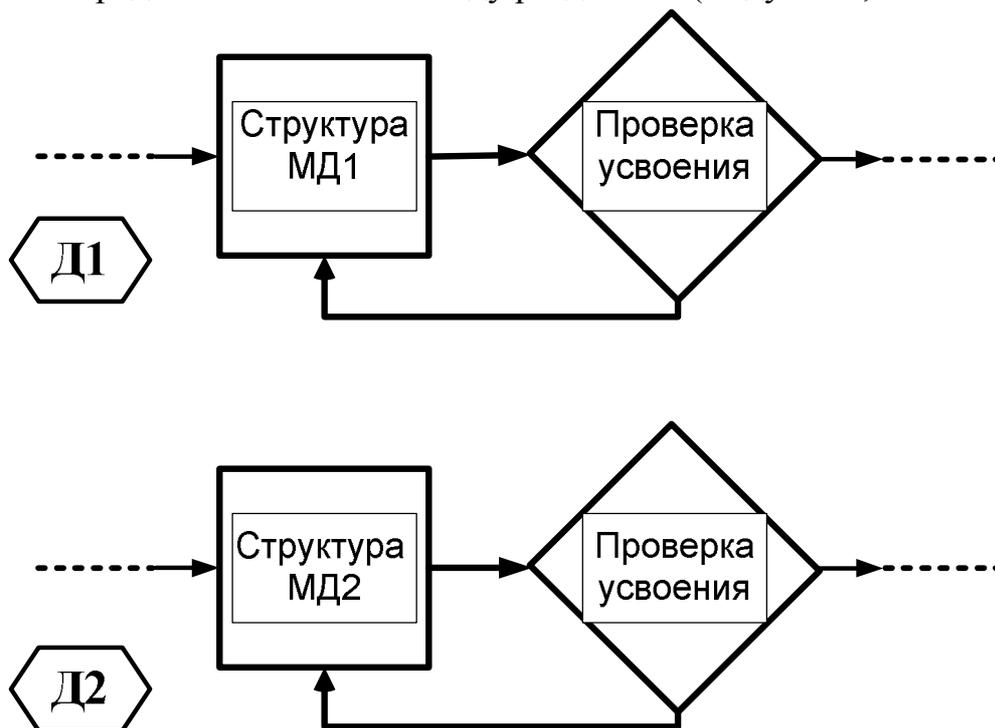


Рисунок 1 – Структура отсутствия связи между разделами дисциплин

Д1 и Д2 – изучаемые дисциплины.

МД1 и МД2 – совокупность модулей (тем, разделов) изучаемых дисциплин.

Качество и затраты, при изучении разделов (тем) рассматриваемых дисциплин, соответственно равны:

$$K_{д1} = \frac{K_{0д1} A_{д1}}{1 - (1 - K_{0д1}) \bar{A}_{д1} - K_{0д1} (1 - A_{д1})}; \quad K_{д2} = \frac{K_{0д2} A_{д2}}{1 - (1 - K_{0д2}) \bar{A}_{д2} - K_{0д2} (1 - A_{д2})}, \quad (7)$$

$$n_{д1} = \frac{1}{1 - (1 - K_{0д1}) \bar{A}_{д1} - K_{0д1} (1 - A_{д1})}; \quad n_{д2} = \frac{1}{1 - (1 - K_{0д2}) \bar{A}_{д2} - K_{0д2} (1 - A_{д2})}, \quad (8)$$

где обозначения с индексами «д1» соответствуют первой

дисципліне, а с индексом «д2» - второй дисциплине.

Если считать, что выделяемое время на обучение соответствует одному и тому же уровню качества и затраты на изучение примерно одинаковы получим, что качество и затраты для первого варианта структуры, при отсутствии связи между разделами дисциплин, будут соответственно равны:

$$K_I = K_{д1} K_{д2} = \left[ \frac{K_0 A}{1 - (1 - K_0) \bar{A} - K_0 (1 - A)} \right]^2; \quad n_I = n_{д1} + n_{д2} = 2n. \quad (9)$$

Второй вариант (рис.2) представляет структуру, при которой разделы (темы) дисциплин, согласованы во времени и тесно связаны.

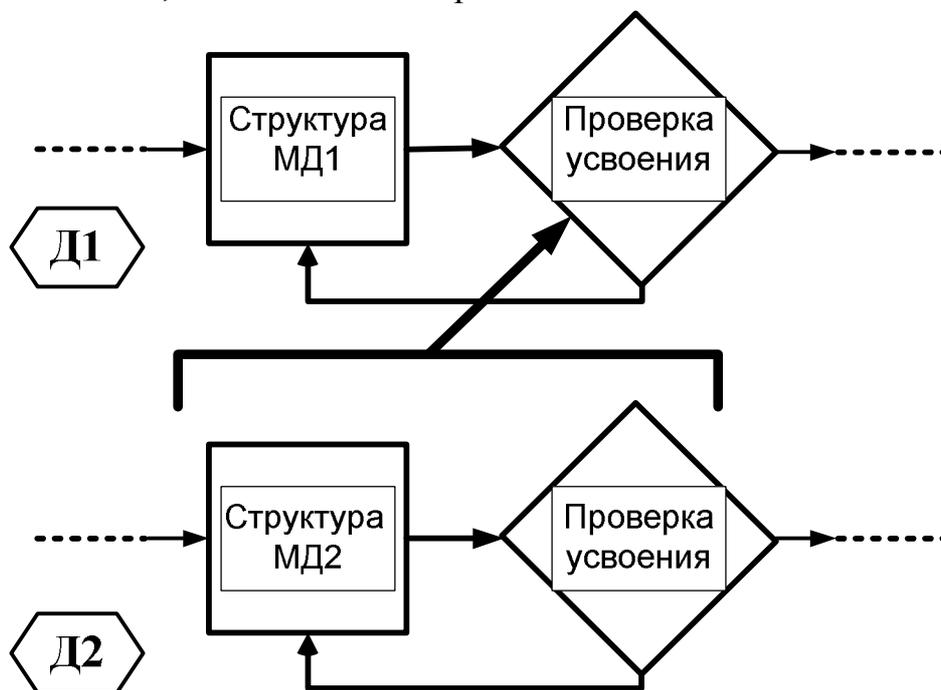


Рисунок 2 - Структура непосредственных связей между разделами дисциплин

В этом случае качество изучения разделов (модулей, тем) первой дисциплины оказывает влияние на качество проверки знаний разделов второй дисциплины. Данный факт отражается на изменении вероятностей  $\bar{A}$  и  $A$ , соответственно:

$$\bar{A}_{д1-д2} = \bar{A}_{д1} + (1 - \bar{A}_{д1}) K_{д2}; \quad A_{д1-д2} = A_{д1} + (1 - A_{д1}) K_{д2}. \quad (10)$$

В результате имеем

$$K_{д1-д2} = \frac{K_{0д1} A_{д1-д2}}{1 - (1 - K_{0д1}) \bar{A}_{д1-д2} - K_{0д1} (1 - A_{д1-д2})} \quad \text{и} \quad K_{II} = K_{д1-д2} K_{д2}. \quad (11)$$

Если выделяемое время на обучение соответствует одному и тому же уровню качества и затраты на изучение примерно одинаковы, получим:

$$K_{д1-д2} = \frac{K_0 A_{д1-д2}}{1 - (1 - K_0) \bar{A}_{д1-д2} - K_0 (1 - A_{д1-д2})}. \quad (12)$$

При оценке затрат следует учитывать некоторое их увеличение на изучение второй дисциплины, связанное с дополнительным контролем знаний в процессе обучения. В данном случае, учитывая итерационный процесс изучения первой дисциплины, который определяется выражением:

$$n_{д1} = \frac{1}{1 - (1 - K_0) \bar{A}_{д1-д2} - K_0 (1 - A_{д1-д2})}, \quad (13)$$

получим полный объем затрат для второй структуры:

$$n_{II} = \frac{1}{1 - (1 - K_0) \bar{A} - K_0 (1 - A)} + \frac{1}{1 - (1 - K_0) \bar{A}_{д1-д2} - K_0 (1 - A_{д1-д2})}. \quad (14)$$

Эта величина может оказаться несколько больше, чем в предыдущей структуре. Однако качество знаний, с применением второй структуры выше, что в конечном счете, при оценке общих затрат на обучение, приведет к их снижению.

В качестве примера в таблице 1 приведены различные варианты значений качества и затрат для приведенных структур. Для простоты вероятность качественной проверки усвоенных знаний принимаем равной 1.

Таблица 1. Расчет параметров элементов для двух вариантов структур обучения

$K_0$	$\bar{A}$	$K_I$	$\bar{A}_{д1-д2}$	$K_{д1-д2}$	$K_{II}$	$\eta\%$
0.5	0.6	0.51	0.8	0,83	0,59	2,6
0.6		0.62	0.85	0,91	0,72	2,2
0.7		0.73	0.89	0,95	0,81	1,4
0.8		0.83	0.93	0,98	0,89	0,8
0.9		0.96	0.98	0,998	0,98	0,2
0.5	0.7	0.59	0.88	0,89	0,68	2,2
0.6		0.69	0.91	0,94	0,78	1,6
0.7		0.78	0.93	0,97	0,86	1,2

0.8		0.86	0.96	0,99	0,92	0,7
0.9		0.94	0.98	0,998	0,968	0,3
0.5	0.8	0.69	0.94	0,94	0,78	1,7
0.6		0.78	0.96	0,97	0,857	1,1
0.7		0.84	0.97	0,987	0,905	0,9
0.8		0.91	0.98	0,995	0,949	0,5
0.9		0.96	0.99	0,999	0,979	0,2
0.5		0.9	0.83	0.983	0,983	0,896
0.6	0.88		0.988	0,992	0,931	0,7
0.7	0.92		0.992	0,996	0,955	0,4
0.8	0.95		0.995	0,999	0,974	0,2
0.9	0.98		0.998	0,9998	0,990	0,1

В последнем столбце таблицы приведена оценка сокращения затрат, исходя из того, что качество, в конечном счете, должно соответствовать предъявляемым требованиям. Для данного случая, объем дополнительных затрат обратно пропорционален качеству:

$$n_I = \frac{1}{K_I}; \quad n_{II} = \frac{1}{K_{II}}; \quad \eta\% = \frac{n_{II}}{n_I} 100\%,$$

где  $\eta\%$  - сокращение затрат на обучение за счет учета взаимного влияния дисциплин в процессе обучения.

### **Выводы**

В настоящее время продолжается интенсивная работа по разработке и внедрению современных информационных систем в учебный процесс. Организация работ по изучению взаимного влияния тесно связанных между собой дисциплин позволяет повысить качество учебного процесса и получить положительный эффект от снижения общих затрат на обучение.

Использование данных отношений и полученных результатов позволяет в дальнейшем строить над единой базой элементов внедренной в учебный процесс информационной системы различные семантические сети и использовать их как для целей обучения, так и для целей управления учебным процессом. Дополнительно в системе планируется реализация набора учебных тем отдельных дисциплин, инкапсулирующих в себе методы хранения и представления объектов, с учетом их взаимного влияния.

## **Список литературы**

1. Вершина А.И. Модель информационного обеспечения учебного процесса университета / А.И. Вершина, Г.Г. Киричек, Д.М. Пиза // Радиоэлектроника. Информатика. Управление. – 2004. – №2. – С. 64–68.
2. Вершина А.И. Применение цепей Маркова при моделировании учебного процесса / А.И. Вершина, Т.Н. Семерюк, Б.Т. Солдатов // Радиоэлектроника. Информатика. Управление. – 2007. – №1. – С.48-52.
3. Грегер С.Э. Разработка дополнительных компонентов для обеспечения информационной поддержки образовательного процесса для учебного портала на базе CMS Plone / С.Э. Грегер // Новые образовательные технологии в вузе: сборник материалов седьмой международной научно-методической конференции, 8 – 10 февраля 2010 г.; в 2-х ч. – Екатеринбург: ГОУ ВПО "УГТУ-УПИ им.первого Президента России Б.Н.Ельцина", 2010. – Ч. 1. – С.97-100.
4. Пасічник В.В. Організація баз даних та знань: підручник для студ. вищ. навч. закл. / В.В.Пасічник, В.А.Резніченко; за ред. М. З. Згуровського. – К.: Видавнича група ВНУ, 2006. – 384 с.
5. Пилипчук А.Ю. Система освіти як об'єкт інформатизації: структура системи освіти / А.Ю. Пилипчук // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2008. – №4. – С.25-32.
6. Кемени Д. Дж. Конечные цепи Маркова / Д. Дж. Кемени, Дж. Л. Снелл. – М.: Наука, 1970. – 272 с.
7. Киричек Г.Г. Бібліотечна інформаційна система ВНЗ. Формування та використання в навчальному процесі / Г.Г. Киричек // Програмне забезпечення у сфері освіти і науки: II міжнар. наук.-практ. конф., 12–13 трав. 2010 р.: тези доп. – К., 2010. – С.53–54.
8. Киричек Г.Г. Керування інформаційними потоками на всіх рівнях ієрархії отримання знань / Г.Г. Киричек // Радиоэлектроника. Информатика. Управление. – 2010. – №1. – С.70–78.

*Надійшла до редакції 30.10.2011.*

*Рецензент: канд. техн. наук, доц. Зеленева И.Я.*

**О.І. Вершина, Г.Г. Киричек**

Запорізький національний технічний університет

**Модель взаємного впливу дисциплін у процесі навчання.** Розглянуто взаємний вплив дисциплін, які вивчаються на процес навчання. Дисципліни представлені у вигляді ієрархії взаємозалежних об'єктів, а навчання - взаємозв'язком етапів засвоєння та перевірки знань, які описано як Марковський процес. Параметрами етапів є імовірності якісного засвоєння і якісної перевірки знань, а також витрати на виконання цих етапів. Різні варіанти взаємозв'язку дисциплін, що вивчаються, дають різні рівні якості та витрат, визначаючи ефективність процесу навчання.

**Ключові слова:** знання, дисципліна, інформація, кінцеві ланцюги Маркова, процес навчання.

**A.I. Vershina, G.G. Kirichek**

Zaporozhye National Technical University

**Model of the Mutual Influence of Disciplines in the Process of the Learning.** We reviewed the mutual influence of the studied subjects on the learning process. Disciplines represented in the form of a hierarchy of related objects, and learning is represented as interrelation stages of learning and testing, described as a Markov process.

**Keywords: knowledge, discipline, information, finite Markov chains, the learning process.**