

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

А.М. СЕДУН, С.Я. ЖУКОВИЧ, А.Э. ЯНУШ

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОБУЧЕНИЯ НА СЕТЕВОМ КУРСЕ

В настоящее время в системе образования происходят существенные изменения. Они вызваны переменами в экономике и обществе, связанными с процессами информатизации. Увеличение скорости и объемов накопления новых знаний обуславливает необходимость использования электронного обучения. Более 85 % университетов США предлагают онлайн-курсы; ведущие фирмы мира внедрили системы электронного обучения [1].

Общая задача управления университетом как высшим учебным заведением предполагает разработку и применение математических моделей, описывающих структуру и процессы функционирования организации [2]. При постановке задачи и моделировании необходимо рассмотреть структуру и модель одной из основных подсистем, а именно — математическую модель обучения, которая лежит в основе метода управления процессом обучения.

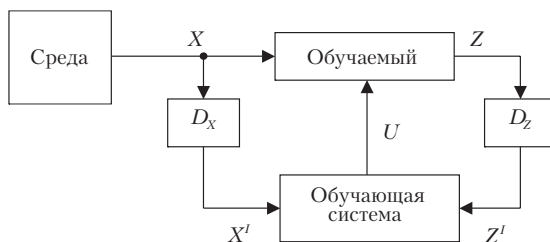


Рис. 1. Схема взаимодействия обучаемого и обучающей системы на сетевом курсе

в качестве источника управления. Под сетевым курсом будем понимать комплекс информационного, технического, программного и учебно-методического обеспечения в рамках одной дисциплины, доступный при определенных условиях потребителю образовательных услуг и обеспечивающий обучение с раз-

1. Математическая модель обучения. Под управлением будем понимать процесс организации такого целенаправленного воздействия на объект, в результате которого он переводится в требуемое состояние.

Задача обучения может быть сформулирована как задача управления (рис. 1) [3]. В этом случае обучаемый выступает в качестве объекта управления, а обучающий или обучающая система — в

Андрей Максимович СЕДУН, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой информационных технологий Белорусского государственного экономического университета;
Сергей Яковлевич ЖУКОВИЧ, ассистент кафедры информационных технологий Белорусского государственного экономического университета;
Алла Эдуардовна ЯНУШ, аспирантка Института фотобиологии НАН Беларуси.

личной степенью погружения в сеть [4]. Обучение на сетевом курсе является одним из видов электронного обучения [1].

Объект управления является объектом обучения (обучаемый на сетевом курсе), а устройство управления — обучающей системой. Она информируется о состоянии среды X с помощью датчика $D_x X^I$ — информация о среде X , получаемая обучающей системой; Z — состояние обучаемого, измеряемое датчиком D_Z , на выходе которого имеется Z^I — информация об этом состоянии, получаемая обучающей системой в виде результатов компьютерного тестирования обучаемого в ответ на управление U . Очевидно, что $X^I \neq X$ и $Z^I \neq Z$ в силу того, что датчики измеряют только то, что используется в процессе управления. Однако $X^I \in X$ и $Z^I \in Z$, т.е. получаемая информация в какой-то мере (но далеко не полностью) отражает действительное состояние объекта и среды.

Задача состоит в том, чтобы организовать управление U^* , изменяющее состояние Z обучаемого таким образом, чтобы выполнялись поставленные цели обучения Z^* в рамках имеющихся ресурсов R .

Рассмотрим модель итеративного научения, под которым будем понимать многократное повторение обучаемым действий для достижения цели Z^* при постоянных внешних условиях [5]. Постоянство внешних условий позволяет количественно описывать итеративное научение в виде графиков — кривых научения, представляющих собой зависимость критерия уровня научения от времени или от числа повторений (итераций).

Математическая модель обучения предложена ранее [6–9]. Для простоты будем считать, что информация об обучаемом поступает в обучающую систему без искажения ($X^I = X$, $Z^I = Z$). Процесс обучения на сетевом курсе можно описать линейным дифференциальным уравнением

$$\frac{dZ}{dt} = f(t) - kZ, \quad (1)$$

где $Z = Z(t)$ — уровень (объем) текущих знаний (в академических часах); $f(t)$ — функция, характеризующая объем усвоенных знаний; k — коэффициент забывания, который показывает, какую часть от текущих знаний Z обучаемый забывает в среднем за сутки ($0 \leq k \leq 1$).

Функция $f(t)$ характеризует управление обучающей системы передачей новых знаний и усилия обучаемого по усвоению новых знаний и имеет вид

$$f(t) = k_1 x_1 + k_2 x_2 + \sum_{n=1}^{\infty} k_2 (1 - k_2)^{n-1} (1 - k_1) x_1 + \sum_{n=1}^{\infty} k_2 (1 - k_2)^n x_2, \quad (2)$$

где k_1 — коэффициент усвоения новых знаний при обучении с помощью преподавателя; x_1 — объем знаний, передаваемый преподавателем; k_2 — коэффициент усвоения новых знаний при обучении на сетевом курсе; x_2 — объем изучаемых знаний при обучении на сетевом курсе, $0 \leq k_1, k_2 \leq 1$; третье и четвертое слагаемые в правой части — это объемы знаний, приобретаемые обучаемым при многократном повторении учебного материала, передаваемого соответственно преподавателем и при обучении на сетевом курсе; n — число повторений материала.

Общее решение уравнения (1):

$$Z = Z_0 e^{-kt} + e^{-kt} \int f(t) e^{kt} dt, \quad (3)$$

где Z_0 — начальный объем знаний при $t = t_0$.

Рассмотрим три частных случая решения (3).

1. Пусть в течение какого-то промежутка времени функция $f(t) = 0$. Тогда

*Оптимальность данного процесса.

$$Z = Z_0 e^{-kt},$$

т.е. происходит постепенное забывание ранее усвоенного объема знаний Z_0 .

2. Рассмотрим другой крайний случай. Пусть обучаемый усваивает всю информацию ($k_1 = 1$) и полностью ее сохраняет с помощью повторения и применения ($k = 0$). Такой идеальный процесс обучения описывается формулой

$$Z = Z_0 + \int f(t) dt.$$

3. Реальный процесс обучения представляет собой обобщение двух крайних случаев. Предположим, что обучаемый получает еженедельно объем знаний в два часа в течение 17 недель (семестр). Пусть в (3) $k_1 = 0,9$, $k \neq 0$, $f(t) = k_1 x_1$. Тогда процесс накопления знаний для разных коэффициентов забывания и усвоения описывается графиками на рис. 2, 3.

Коэффициенты k_1 , k_2 и k определяются для каждого обучаемого по соответствующей дисциплине с помощью специально разработанных компьютерных тестов.

На основании математической модели (3) теоретически получена аппроксимированная кривая (рис. 4), аналогичная феноменологической классической кривой научения (рис. 5), описанной в работе [10].

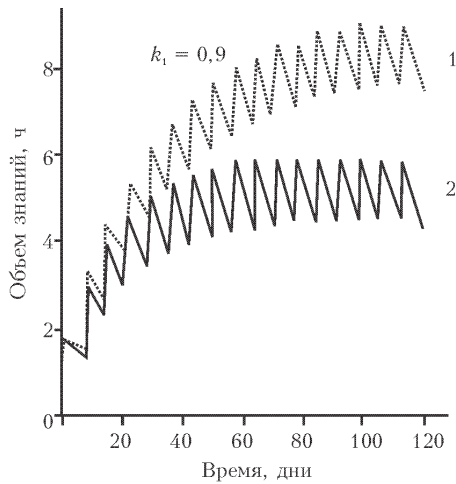


Рис. 2. Кривые обучения для разных коэффициентов забывания k : 1—0,03; 2—0,05

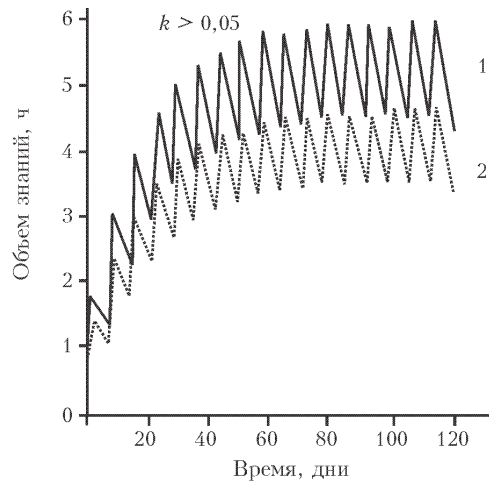


Рис. 3. Кривые обучения для разных коэффициентов усвоения k_1 : 1—0,9; 2—0,7

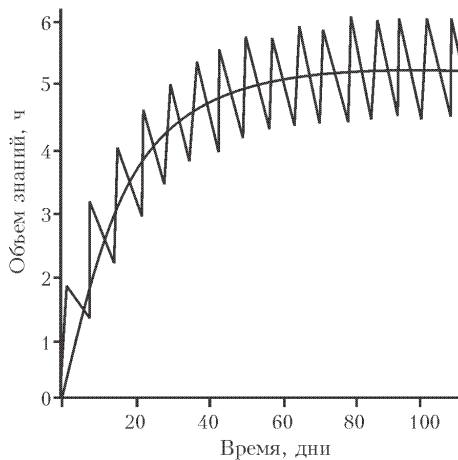


Рис. 4. Аппроксимированная кривая обучения при $k_1 = 0,9$; $k = 0,05$

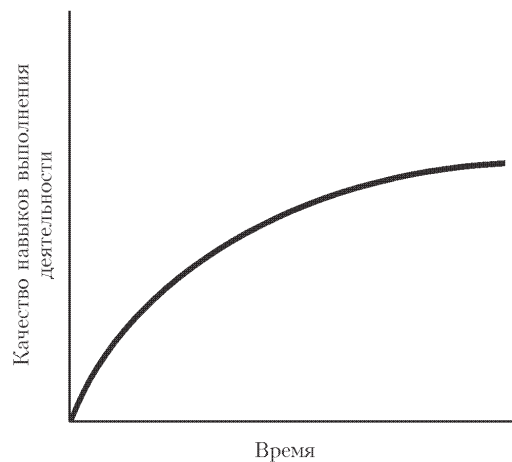


Рис. 5. Классическая кривая научения

Коэффициент забывания k при повторении уменьшается. Будем считать справедливой зависимость

$$k_{(n)} = \frac{k}{2^n}.$$

После первого повторения материала коэффициент забывания для этого объема знаний будет $k_{(1)} = \frac{k}{2}$, после второго — $k_{(2)} = \frac{k}{4}$, и т.д. Кривая 2 на рис. 6 показывает изменение объема знаний без повторения. На кривой 1 представлен процесс накопления знаний, если проведены контрольные работы после 6-го и 12-го занятий (каждый раз повторяется объем в 12 часов) [9].

Математическая модель (3) является детерминистской и не рассматривает вероятностные характеристики.

Все расчеты были выполнены в программном пакете Maple 10.

2. Метод управления процессом обучения на сетевом курсе. Как видно из модели (3), определяющими факторами, влияющими на процесс накопления знаний, являются коэффициенты усвоения и забывания каждого студента по данному предмету, запланированный учебный график, режимы повторения учебного материала посредством коллоквиумов, тестов и контрольных работ.

Знание коэффициентов усвоения и забывания дает возможность классифицировать студентов по следующим группам:

1. Студенты с высокими коэффициентами усвоения k_1, k_2 ($0,7 \leq k_1, k_2 \leq 1$) и низким коэффициентом забывания k .

2. Учащиеся со средними коэффициентами усвоения k_1, k_2 ($0,5 \leq k_1, k_2 < 0,7$) и средним коэффициентом забывания k .

3. Обучаемые с низкими коэффициентами усвоения k_1, k_2 ($k_1, k_2 < 0,5$) и высоким коэффициентом забывания k .

4. Студенты с высокими коэффициентами усвоения k_1, k_2 ($0,7 \leq k_1, k_2 \leq 1$) и высоким коэффициентом забывания k .

5. Учащиеся с низкими коэффициентами усвоения k_1, k_2 ($k_1, k_2 < 0,5$) и низким коэффициентом забывания k .

6. Отдельную группу составляют студенты, у которых $k_2 > k_1$ (у большинства обучаемых $k_2 < k_1$).

Данная классификация обучаемых дает возможность выделить группу студентов, которые могут успешно обучаться на сетевом курсе (обучаемые из групп 1 и 6).

Метод управления обучением на сетевом курсе включает следующие этапы.

1. Обучаемые проходят специальное тестирование [11].

2. По результатам тестирования определяется объем начальных (текущих) знаний для каждого обучаемого по данному предмету.

3. Вычисляются индивидуальные параметры каждого студента: коэффициенты усвоения k_1, k_2 и коэффициент забывания k .

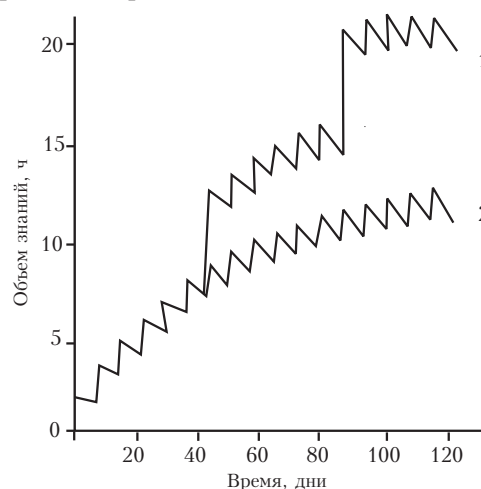


Рис. 6. Кривые: 1 — контрольные работы после 6-го и 12-го занятий; 2 — без повторения

4. По модели (3) строятся графики обучения для каждого студента, прогнозирующие изменение объема знаний на семестр.

Этапы 1, 2 реализуются периодически в течение семестра. На шаге 2 текущий объем знаний $Z_T(t)$ должен быть не меньше расчетного:

$$Z_T(t) \geq Z(t). \quad (4)$$

Условие (4) может нарушаться для некоторых обучаемых по каким-либо причинам (болезнь, прогулы и т.д.). Такие студенты возвращаются на традиционный курс обучения для корректировки, что обеспечивает оптимальность процесса обучения.

На практике данный метод управления реализуется следующим образом. Пусть определенному предмету обучают студентов в составе n групп:

$$N = \sum_{i=1}^n N_i,$$

где i — номер группы; N_i — количество студентов в группе с номером i . В i -й группе имеется M_i вакансий для традиционного обучения. Остальные $(N_i - M_i)$ мест отводятся под сетевое обучение. Группы становятся динамичными объектами, постоянно меняющими состав. Экономический эффект от внедрения сетевого курса определяется по формуле

$$Q = R_1 \sum_{i=1}^n (N_i - M_i) - R_1,$$

где R — затраты на создание и внедрение сетевого курса; R_1 — ресурс, затрачиваемый на одного студента за семестр.

Таким образом, нами описана математическая модель обучения (3), которая является детерминистской и не рассматривает вероятностные характеристики. На основании модели (3) получена аппроксимированная кривая (рис. 4), аналогичная феноменологической классической кривой научения (рис. 5).

Выделены факторы, влияющие на процесс накопления знаний.

Разработанный математический метод управления обучением на сетевом курсе позволит эффективно управлять процессом обучения, повысить качество контроля знаний, умений и навыков обучаемых при минимальных временных и иных ресурсных затратах.

Литература

1. Хортон, У. Электронное обучение: инструменты и технологии / У. Хортон, К. Хортон. — М.: Кудиц-образ, 2005.
2. Васильев, В.Н. Модели управления вузом на основе информационных технологий / В.Н. Васильев. — Петрозаводск: ПетрГУ, 2000.
3. Растрин, Л.А. Адаптация сложных систем / Л.А. Растрин. — Рига: Зинатне, 1981.
4. Морозевич, А.Н. Вариативное решение сетевого курса / А.Н. Морозевич [и др.] // Информатизация образования. — 2003. — № 4.
5. Новиков, Д.А. Закономерности итеративного научения / Д.А. Новиков. — М.: Ин-т управления РАН, 1998.
6. Зеневич, А.М. Математическое моделирование процесса обучения / А.М. Зеневич, С.Я. Жукович // Подготовка научных кадров высшей квалификации с целью обеспечения инновационного развития экономики: материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 17–19 мая 2006 г. — Минск, 2006.
7. Седун, А.М. Управление процессом обучения / А.М. Седун, С.Я. Жукович, А.П. Бутер // Теория и практика менеджмента и маркетинга: материалы VIII междунар. науч.-практ. конф., Минск, 31 мая–2 июня 2007 г. — Минск, 2007.