

УДК 378.147.227

## СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

О.А. Вильдфлуш

Институт информационных технологий БГУИР, Минск, Республика Беларусь

[o.vildflush@yandex.by](mailto:o.vildflush@yandex.by)

Abstract. The mathematical model of process of knowledge accumulation by students is given. The effective multilevel structure of the educational process organization is offered. On the basis of statistical methods developed a method of restoring the true results of the control of knowledge of students.

Основными составляющими системного подхода к организации учебного процесса являются: обеспечение высокого качества обучения студентов, создание предпосылок для повышения способности студентов к самообучению (самостоятельному поиску и анализу информации об изучаемой дисциплине), иерархическая структура процесса обучения с наличием элементов обратной связи и целевой функции обеспечения заданного качества обучения, достоверная оценка качества обучения.

Практической реализации перечисленных факторов повышения эффективности образовательного процесса способствуют результаты проведенных исследований учебного процесса подтверждающие, что усвоение знаний студентами во время обучения подчиняется экспоненциальной зависимости, при этом результаты статистического контроля знаний студентов распределены по нормальному закону.

Экспоненциальная зависимость процесса усвоения знаний студентов позволяет процесс обучения представить в виде схемы замещения, реализующей заряд ёмкости  $C$  через резистор  $R$  от двух источников напряжения  $E$ ,  $U$  с внутренними сопротивлениями  $r$ ,  $r^*$  и обратной связью от  $C$  к источнику  $E$  через фиксатор уровня  $F$ . В данной физической модели параметр  $C$  адекватный информационной ёмкости и отображает весь объём  $I_c$  (бит) лекционного материала, параметр  $R$  соответствует коэффициенту  $k_t$  затрат времени на усвоение студентами одного бита учебной информации (характеризует способность студентов усваивать лекционный материал), а параметры  $r$  и  $r^*$  характеризуют соответственно педагогические способности преподавателя и доступность изложения лекционного материала в учебной литературе. Источники  $E$  и  $U$  адекватны компетентности преподавателя и профессиональному уровню учебно-методической литературы, а элемент  $F$  отображает контроль знаний студентов.

Известно, что заряд ёмкости  $C$  во времени  $t$  от источника  $U$  через резистор  $R$  описывается уравнением  $U_c(t) = U_{\max} \{1 - \exp(-t/RC)\}$ , где  $U_{\max}$  - максимальное значение напряжения источника. Если качество процесса обучения оценивать критерием  $Q$  (средний балл оценки знаний студентов), то на основе приведенной выше зависимости  $U_c(t)$  можно синтезировать выражение  $Q(t) = Q_{\max} \{1 - \exp(-t/k_t I_c)\}$ , оценивающее динамику усвоения во времени студентами учебной информации ( $Q_{\max} = 10$  максимальный балл тестирования знаний студентов). Выражение  $Q(t)$  представляет собой целевую функцию оптимизации учебного процесса, позволяющая определить оптимальное значение  $Q(t)$ .

Анализ выражения  $Q(t)$  показывает, что процесс усвоения студентами учебной информации включает в себя интервал времени максимальной (линейной) скорости усвоения знаний  $Q_1(t) = 0-6.4$  и интервал насыщения  $Q_n(t) = 6.5-10$  замедленного усвоения знаний. Очевидно, что при наличии ограниченных возможностей студентов в усвоении лекционного материала и фиксированном времени обучения, оптимальной является

стратегия обеспечения качества обучения, соответствующая верхней границе  $Q_1(t)=6.4$ . Выражение также показывает, что для ускорения процесса обучения лиц с ограниченными возможностями необходимо весь объём  $I_c$  учебной информации разбить на множество ограниченных по объёму модулей. Иначе говоря, использовать модульно-рейтинговую систему обучения студентов.

При этом представляется возможным для обеспечения заданного качества обучения лиц с ограниченными возможностями (обладающими повышенными значениями коэффициента  $k_t$ ) увеличивать количество используемых модулей учебной информации. Если проанализировать в целом физическую модель учебного процесса, очевидно повышение эффективности данного процесса связано также с увеличением параметров  $E, U$  (увеличением компетентности и профессионального уровня преподавателя и учебной литературы) и уменьшением параметров  $r, r^*, k_t$  (увеличением педагогических способностей преподавателя и доступность изложения лекционного материала в учебной литературе).

Большое значение в повышении эффективности учебного процесса, использующего модульно-рейтинговую систему обучения лиц с ограниченными возможностями, имеет её структура и эффективное использование обратной связи в процессе обучения. Практика преподавания дисциплины схемотехника в системах управления показала, что применительно к указанной дисциплине возможно существенное усовершенствование модульно-рейтинговой системы обучения. Это, прежде всего использование иерархической структуры (по принципу от простого к сложному) формирования модулей при неизменности изучаемых тем (сначала базовый уровень знаний и далее с нарастающей сложностью дополнения) лекционных занятий на каждом уровне иерархии обучения студентов.

Например, тема импульсный усилитель мощности представляется в виде трёх иерархических модулей в зависимости от степени интеграции составляющих усилитель элементов. На базовом уровне излагается принцип действия и основные характеристики импульсных усилителей на элементах низкой и средней степени интеграции (резисторы, ёмкости, диоды, операционные усилители, модуляторы). Далее на втором уровне иерархии изучаются импульсные усилители мощности на микросхемах с высокой степенью интеграции элементов (усилители мощности на одной микросхеме). На заключительном этапе изучения импульсных усилителей мощности рассматриваются «интеллектуальные» схемы усилителей, содержащие в своей структуре однокристалльные микро ЭВМ или сигнальные процессоры (позволяющие реализовать сложные алгоритмы модулирования, фильтрации и коррекции импульсных сигналов).

Преимущества такой структурной организации образовательного процесса заключаются в том, что наличие базового модуля с изложением лекционного материала в форме доступной к восприятию всеми студентами (включая лиц с ограниченными возможностями), позволяет на начальном этапе учебного процесса существенно повысить безусловную вероятность  $P_0$  успешного усвоения студентами учебной информации. Условие неизменности тем лекционных занятий на каждом уровне обучения приводит к повышению эффективности обратной связи модульно-рейтинговой системы обучения. В данном случае по результатам контроля знаний студентов на предыдущем уровне производится коррекция (перераспределение) временных затрат на обучение в последующих уровнях обучения (для трудно усваиваемых тем время обучения увеличивается за счёт уменьшения времени на изложение легко усваиваемых тем).

Большое значение для повышения эффективности модульно-рейтинговой системы обучения имеет тесная взаимосвязь между модулями для каждой изучаемой

темы (сначала излагается материал темы начального уровня, а затем дополнения по нарастающей степени сложности). Это приводит к тому, что увеличивается согласно теории вероятности условная вероятность  $P_1 > P_0$  (вероятность усвоения материала последующего уровня при успешном усвоении материала предыдущих уровней) усвоения студентами учебной информации на уровнях обучения следующих за начальным уровнем.

Модульно-рейтинговая система предусматривает контроль знаний студентов на каждом уровне обучения, что влечёт за собой существенные дополнительные затраты времени. Поэтому необходимо оптимизировать процессы контроля знаний студентов. Очевидна зависимость времени  $t_k$ , затрачиваемого на контроль знаний от количества  $k_T$  тестовых заданий. Практика формирования тестовых заданий по дисциплине схемотехника в системах управления показывает, что достоверность  $P_k$  (вероятность достоверного контроля) процесса контроля имеет экспоненциальную зависимость от  $k_T$  аналогичную зависимости  $Q(t)$  и имеет точку перегиба (количество вопросов с максимальной скоростью увеличения достоверности)  $k_T^* = 0.64k_{max}$ , где  $k_{max}$  – количество тестовых заданий, соответствующих  $P_k = 1$ .

Например, для дисциплины схемотехника в системах управления  $k_{max} = 5$  (количество укрупненных лекционных тем), тогда оптимальное при наличии ограничения времени контроля знаний студентов значение  $k_T^* = 3$ .

Для повышения достоверности контроля качества обучения необходимо иметь информацию о количестве неуспевающих студентов. В экзаменационных ведомостях часто отсутствуют сведения о количестве студентов с оценками ниже 4 баллов. К тому же оценки в диапазоне (4-5) баллов существенно искажены субъективными факторами (подсказки, списывания, необъективность преподавателя).

Поэтому целесообразно используя статистические методы, восстановить истинные значения показателей успеваемости студентов. Проведенные исследования показали, что распределения экзаменационных оценок подчиняется нормальному закону. Причем в диапазоне (5-10) баллов это распределение имеет достаточную степень достоверности и в координатах нормального закона (нормальная бумага) представляет собой прямую линию. Таким образом, если прямую линию в диапазоне (5-10) баллов продлить до участка (0-5) баллов, то можно восстановить истинный закон распределения экзаменационных оценок и по нему определить достоверное количество неуспевающих студентов.

В данном случае решается обратная статистическая задача преобразования закона распределения экзаменационных оценок студентов, представленного в виде прямой линии к виду удобному для математического анализа (к стандартному виду симметричной кривой).

Площадь участка (интеграл) кривой распределения экзаменационных оценок студентов, ограниченная координатами (0-3) балла представляет собой вероятность наличия неуспевающих студентов в экзаменуемой группе студентов. Если полученную вероятность перемножить на общее количество экзаменуемых студентов, то можно определить искомую характеристику среднего количества неуспевающих студентов в экзаменуемой группе.

Очевидно, приведенные выше операции по вычислению достоверных характеристик уровня знаний студентов можно автоматизировать с помощью ЭВМ. Использование средств вычислительной техники для оперативного контроля знаний лиц с ограниченными возможностями в процессе лекционных занятий может дать значительный эффект для повышения качества обучения за счёт повышения эффективности обратной связи и оперативной коррекции изложения лекционного материала