

# ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ТРАЕКТОРИЕЙ ОБУЧЕНИЯ И ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ СТУДЕНТА

Мицель А.А.<sup>1,2</sup>, Черняева Н.В.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> (г. Томск, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники)

<sup>2)</sup> (г. Юрга, Юргинский технологический институт Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет)

maa@asu.tusur.ru, nina.turalina@yandex.ru

## DYNAMIC MODEL OF LEARNING TRAJECTORY CONTROL AND STUDENT KNOWLEDGE ASSESSMENT

Mitsel A.A.<sup>1,2</sup>, Cherniaeva N.V.<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> (Tomsk, Tomsk state university of control systems and radioelectronics)

<sup>2)</sup> (Yurga, Yurga technological institute of National research Tomsk Polytechnic University)

**Abstract.** A new method of controlling the learning trajectory has been developed as a dynamic model of learning trajectory control, which uses score assessment to construct a sequence of studied subjects.

**Keywords:** assessment, dynamic model, information technology, analysis, training.

**Введение.** В связи с переходом системы образования на компетентностно-ориентированный подход актуальной является проблема оценивания результатов обучения, а так же построения индивидуальной траектории обучения студента, решение которых требует применения современных информационных технологий. В процессе внедрения в систему образования новых Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) при формировании учебных планов и рабочих программ необходимо учитывать связи между изучаемыми дисциплинами. Отражаются эти связи с помощью таких понятий как «переквизиты» и «постреквизиты».

**Постановка задачи.** Обозначим через  $N_t$ ,  $t = 1, \dots, T$  количество дисциплин, которые осваивает студент за семестр  $t$ . Здесь  $T$  – срок обучения (количество семестров). Если использовать результаты промежуточной аттестации внутри семестра (контрольных точек), то в качестве  $t$  примем число периодов обучения между аттестациями. Таким образом, можно корректировать траекторию обучения студента на протяжении семестра, не дожидаясь его окончания. Как и в работе [1] уровень освоения знаний студентом будем оценивать на основании полученных балльных оценок. Однако мы значительно упростим процесс получения этих данных и не станем давать студентам специально разработанные блоки заданий, а возьмем баллы, полученные в процессе изучения множества дисциплин выбранной специальности  $N = \sum_{t=1}^T N_t$  (итоговая или промежуточная аттестация).

Обозначим оценки по дисциплинам как  $V_j(t)$ ,  $j = 1, \dots, N_t$ , где  $N_t$  – количество дисциплин, которые необходимо изучить в периоде (семестре)  $t$  в соответствии с учебным планом. Переменные  $V_j$  оцениваются в баллах, например по 100-балльной шкале.

Интегральная оценка студента  $V(t)$  в момент времени  $t$  равна:

$$V(t) = \sum_{j=1}^{N_t} w_j(t) V_j(t), \quad t = 1, \dots, T, \quad \text{где } w_j(t) \text{ – веса значимости дисциплин.}$$

Динамику успеваемости студента в дискретном времени будем описывать уравнением  $V_j(t+1) = V_j(t) + \mu_j(t+1) + \eta_j(t+1) + u_j(t+1)$ ,  $j = 1, \dots, N_t$ . (1)

Здесь  $\eta_j(t)$  – случайная составляющая эффективности освоения  $j$ -й дисциплины с параметрами  $M(\eta_i(t))=0$ ,  $M(\eta_i(t)\eta_k(t))=\Sigma_{ik}(t)$ ,  $i,k=1,\dots,N_t$ , где  $\Sigma_{ik}(t)$  – матрица ковариации эффективностей освоения дисциплин;  $\mu_j(t)$  – среднее значение балльной оценки по  $j$ -й дисциплине. Назовем эту величину эффективностью освоения  $j$ -й дисциплины. Величины  $\mu_j(t)$  определяются на основе исторических данных по итоговой и/или промежуточной внутрисеместровой аттестации на основании успеваемости предыдущих выпусков студентов данной специальности;  $u_j(t)$  – баллы, полученные за дополнительные задания или дополнительные разделы  $u_j(t) > 0$ .

Введем «эталонную» суммарную балльную оценку  $V^0(t)$  (как сумму баллов по всем изученным дисциплинам) и запишем уравнение эталонного студента следующим образом:

$$V^0(t+1) = V^0(t) + \mu_0(t+1), \quad t = 0, 1, \dots, T-1 \quad (2)$$

где  $\mu_0(t)$  – заданная «эффективность» эталонного студента (задается экспертным путем на усмотрение преподавателя / по желанию студента).

Начальное условие  $V^0(0) = V(0) = 0$ , т.е. в начальный момент времени балльная оценка эталонного студента, также как и балльная оценка реального студента равна нулю.

Задача управления траекторией обучения студента заключается в подборе дисциплин и заданий на основании оценок результатов усвоения учебной программы таким образом, чтобы сформированная траектория обучения следовала эталонной на горизонте управления  $T$ , где  $T$  – промежуток времени, за который студент осваивает программу специальности.

Введем вектор  $y(t) = (V_1, \dots, V_{N_t})^T$  и вектор  $z(t) = (y(t), V^0(t))^T$ .

Тогда уравнения (1), (2) можно переписать в виде:

$$z(t+1) = A(t+1) \cdot z(t) + A(t+1) \cdot v(t+1) + B(t+1) \cdot u(t+1), \quad t = 0, 1, \dots, T-1, \quad (3)$$

где  $A$  – диагональная матрица размерности  $(N_t + 1) \times (N_t + 1)$  с элементами:

$$A(t) = \text{diag}(w_1(t)d_{1,t}, \dots, w_{N_t}(t)d_{N_t,t}; 1), \quad t = 1, \dots, T;$$

$$v(t) = ((\mu_1(t) + \eta_1(t)), \dots, (\mu_{N_t}(t) + \eta_{N_t}(t)); \mu_0(t))^T, \quad t = 1, \dots, T;$$

$$d_{jt} = \begin{cases} 1, & \text{если } j = t \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

$B$  – диагональная матрица размерности  $(N_t + 1) \times N_t$  с элементами:

$$B(t) = \text{diag}(w_1(t)d_{1,t}, \dots, w_{N_t}(t)d_{N_t,t}), \quad t = 1, \dots, T; \text{ где } w_j - \text{весовые множители.}$$

В качестве целевой функции выберем квадратичный функционал

$$J = M \left\{ \sum_{t=1}^{T-1} (V(t) - V^0(t))^2 + \sum_{t=0}^{T-1} u^T(t+1)R(t+1)u(t+1) + (V(T) - V^0(T))^2 \right\} \rightarrow \min_{u(t)}$$

где  $R(t)$  – некоторая положительно определенная симметричная матрица соответствующей размерности. В качестве диагональных элементов матрицы  $R(t)$  можно взять, например, веса дисциплин  $w_j$ ;  $M(\cdot)$  – операция математического ожидания.

Используя  $z(t)$ , перепишем  $(V(t) - V^0(t))$  в форме  $(V(t) - V^0(t)) = hz(t)$ , где  $h = (1, 1, \dots, 1, -1) \in R^{N_t+1}$ . Тогда  $(V(t) - V^0(t))^2 = z^T(t)h^T h z(t) = z^T(t)H(t)z(t)$ , где

$$H(t) = h^T h = \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots & -1 \\ 1 & 1 & \dots & -1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -1 & -1 & \dots & 1 \end{pmatrix}.$$

Размерность матрицы  $H$  переменная  $(N_t + 1) \times (N_t + 1)$  и зависит от количества изучаемых в семестре дисциплин. Для оптимальной образовательной нагрузки на студента рекомендуется уравнивать количество изучаемых дисциплин во всех семестрах.

Критерий качества  $J$  примет вид

$$J = M \left\{ \sum_{t=1}^{T-1} z^T(t) H(t) z(t) + \sum_{t=0}^{T-1} u^T(t+1) R(t+1) u(t+1) + z^T(T) H(t) z(T) \right\} \rightarrow \min_{u(t)} \quad (4)$$

Итак, имеем задачу оптимального управления, в которой уравнение состояния описывается многошаговым процессом (3), а функционал качества – выражением (4).

**Ограничения задачи:**

1) Ограничение, связанное с запретом штрафных баллов, имеет вид:  $u(t) \geq 0, t = 1, \dots, T$ .

2) Введем ограничения на минимальные и максимальные балльные оценки дисциплин:  $a_{\min}^j(t) \leq y_j(t) \leq a_{\max}^j(t), j = 1, \dots, N_t; t = 1, \dots, T$ . Здесь  $a_{\min}^j(t), t = 1, 2, \dots, T, a_{\max}^j(t), t = 1, 2, \dots, T$  – минимальное и максимальное количество баллов, которые может набрать студент для получения отметки.

3) Ограничение по семестровой трудоёмкости изучения дисциплин, определяемой кредитами, представим как:

$$\frac{\sum_{j=1}^{N_t} (c_{gj}(t) \cdot a_{\min}^j(t))}{100} \leq \frac{1}{100} \sum_{j=1}^{N_t} c_{gj}(t) (y_j(t)) \leq \frac{\sum_{j=1}^{N_t} (c_{gj}(t) \cdot a_{\max}^j(t))}{100}, t = 1, \dots, T; g = 1, 2, 3,$$

где  $c_{gj}$  – количество кредитов в  $g$ -ом цикле по  $j$ -й дисциплине;

$$N_t = \sum_{j=1}^N d_{jt} - \text{количество дисциплин, изучаемых в семестре } t.$$

В терминах  $z(t)$  ограничение примет вид:

$$Mg_{\min}(t) \leq D(t)(z(t) - z(t-1)) \leq Mg_{\max}(t), t = 1, \dots, T$$

4) Для учета дисциплин-пререквизитов введем коэффициенты  $p_{ij}$ . В работе [2] эти коэффициенты называются коэффициентами тесноты междисциплинарной связи. В отличие от работы [2] коэффициенты  $p_{ij}$  будем полагать равными 0 либо 1. Коэффициент  $p_{ij} = 1$ , если для изучения  $j$ -й дисциплины требуется предварительно изучить дисциплину под номером  $i$  и  $p_{ij} = 0$  – в противном случае. Для учета дисциплин-постреквизитов введем аналогичные коэффициенты  $k_{ji}$ . С помощью этих коэффициентов определяется порядок изучения дисциплин, который задается индивидуальным учебным планом. Можно взамен  $p_{ij}$  и  $k_{ji}$  ввести коэффициенты корреляции между дисциплинами, т.е. статистическую взаимосвязь, для выявления этой взаимосвязи нами ранее был разработан метод на основе коэффициента ранговой корреляции Спирмена [3].

Введем составной вектор  $U = (u(1), u(2), \dots, u(T))^T$ . Тогда ограничение, связанное с порядком изучения дисциплин будет иметь вид  $k_{ji} \cdot U_i \geq p_{ij} \cdot U_j, i, j = 1, \dots, N$ . Здесь мы

учли свойство матриц  $k$  и  $p$ , а именно,  $p = k^T$ . Для каждого момента времени  $t$  будем иметь ограничение в следующем виде:  $\sum_{j=1}^T K_j(t)u(t) \geq T \cdot P(t)u(t)$ ,  $t = 1, \dots, T$ .

Для решения задачи слежения необходимо задать начальное состояние системы  $z(0) = \begin{pmatrix} y(0) \\ V^0(0) \end{pmatrix}$ . Начальные баллы реального и эталонного студента считаем равными нулю.

**Апробация модели.** Задача была решена с помощью математического пакета Mathcad 14. В рамках исследования проведено 2 эксперимента. Для построения индивидуальной образовательной траектории с учетом всех ограничений предложенная математическая модель была опробована на следующих данных:

1. Данные об успеваемости студентов ЮТИ НИ ТПУ за 2014- 2016 гг. по специальности «Прикладная информатика», форма обучения – бакалавриат;
2. Данные промежуточной и итоговой аттестации студентов ГАПОУ НСО «Болотнинского педагогического колледжа» за 2014-2016 гг. по специальности «Преподавание в начальных классах» (повышенный уровень СПО).

В результате получены векторы управления с дополнительными баллами, которые студенту необходимо получить, чтобы соответствовать «эталону» (рисунки 1-2).

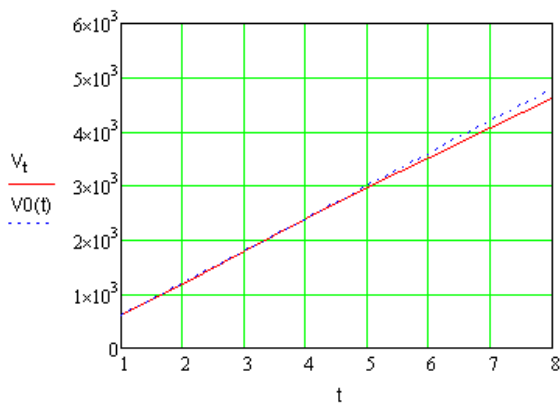


Рисунок 1 – Общее количество баллов реального  $V(t)$  и эталонного  $V_0(t)$  студентов ЮТИ ТПУ

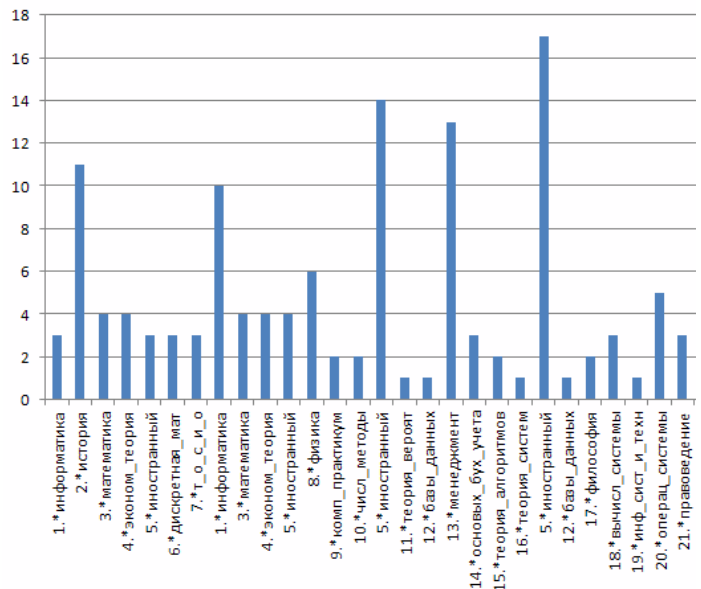


Рисунок 2 - Дополнительные баллы по дисциплинам специальности «Прикладная информатика»

Данная модель может быть использована в любом профессиональном образовательном учреждении для реализации индивидуального подхода к обучению студента и контроля освоения им знаний. Модель может быть доработана и использована для оценки освоения учащимися профессиональных компетенций.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Макушкина Л.А., Фадеева М.Ф. Разработка системы мониторинга учебной деятельности на базе компетентного подхода // Открытое образование. – 2017. – Т. 21, № 3. – С. 29-38.

2. Добросоцкая, И.В., Крахт, Л.Н. Система поддержки принятия решений при формировании индивидуальной траектории обучения // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2009. – Т. 5, № 9. – С. 197-200.

3. Мицель А.А., Черняева Н.В. Анализ корреляции дисциплин учебного плана // Инженерное образование. – 2016. – № 19. С. 62-67.

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СРЕДА СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ

*Е.А.Новикова*

*(г. Владимир, Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых)  
e-mail: eanovikova@vlsu.ru*

## INFORMATION ENVIRONMENT OF PROJECT TRAINING ACCOMMODATION

*E.A.Novikova*

*(Vladimir, Vladimir State University)*

**Abstract.** The article considers the issues of information support for project teaching of students. The configuration and composition of the information environment based on the areas of knowledge of project management.

**Keywords.** Project training, information environment, project management

**Проектное обучение студентов вуза.** В настоящий момент интенсивно внедряется проектная форма реализации индивидуальной образовательной траектории студента. Это следствие серьезного переосмысления программ подготовки выпускников технических направлений в свете стремительных и неизбежных изменений в науке и технике [1]. В реформаторском контексте образовательная программа должна предоставить возможность обучающимся осознать и прочувствовать полный жизненный цикл инженерных процессов, продуктов и систем.

При организации проектного обучения студента предполагается, что руководитель проекта уже организовал определенный информационный сегмент его сопровождения: подготовил техническое задание; определил количество членов команды проекта, требования к соискателям, нормирование недельной загрузки студента; обосновал и согласовал перечень материально-технического оснащения для выполнения проекта.

«Витрина» проекта должна быть продумана, иначе студенту будет трудно сориентироваться в планировании своего участия в нем в течении 3-4 семестров. Кроме этого, необходимо представление резюме самого преподавателя, т.к. для участия в проекте могут привлекаться студенты с других кафедр. Руководителю проекта дополнительно следует указать условия приема в команду проекта: собеседование, подача резюме, тестирование.

**Информационная среда сопровождения проекта.** Не смотря на то что, участие студента в проекте является учебной задачей, хотя и практико-ориентированной, необходимо работу в рамках проектного обучения проводить по законам управления проектами. Этому должна способствовать созданная информационная среда сопровождения проекта, представляющая собой совокупность взаимосвязанных систем, которые управляются из одной точки.

Используя системообразующую платформу [2] определим конфигурацию и составные части информационной системы сопровождения проектного обучения (ИССПО). Рассматривая области знаний управления проектами, мы интегрируем проектную деятельность студента в общую концепцию образовательной программы, т.к. цели выполняемого студентом проекта должны согласовываться с целями образовательной программы и общими требованиями к ней (таблица 1).