

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ СТУДЕНТА

Черняева Н.В.

Юргинский технологический институт, г. Юрга

*Научный руководитель: Мицель А.А., д.т.н.,
профессор кафедры АСУ ТУСУР*

Введение. В связи с переходом системы образования на компетентностно-ориентированный подход актуальной является проблема оценивания результатов обучения, решение которой требует применения современных информационных технологий.

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). Подобный подход применялся авторами в работе [2].

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

$$V_j(t+1) = V_j(t) + \mu_j(t+1) + \eta_j(t+1) + u_j(t+1), \quad j=1, \dots, N_t. \quad (1)$$

Здесь $\eta_j(t)$ – случайная составляющая эффективности освоения j -й дисциплины с параметрами:

$$M(\eta_i(t)) = 0, \quad M(\eta_i(t)\eta_k(t)) = \Sigma_{ik}(t), \quad i, k = 1, \dots, N_t,$$

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:

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

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

Матрица d_{jt} отражает наличие дисциплин в семестрах (1 – дисциплина изучается в данном семестре, в обратном случае – 0).

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

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

тели.

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 $(V(t) - V^0(t))^2 = z^T(t)h^T h z(t) = z^T(t)H(t)z(t)$,

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

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).

Апробация модели. Задача была решена с помощью математического пакета Mathcad 14. В рамках исследования проведено 2 эксперимента. Для построения индивидуальной образовательной траектории 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» (рис. 1–2).

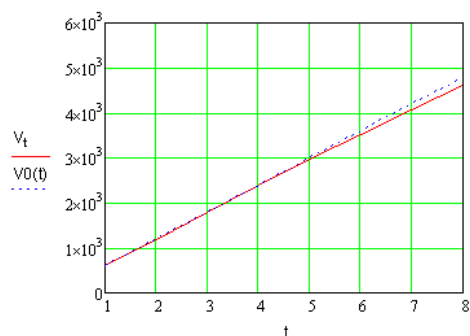


Рис. 1. Общее количество баллов реального $V(t)$ и эталонного $V_0(t)$ студентов ЮТИ ТПУ

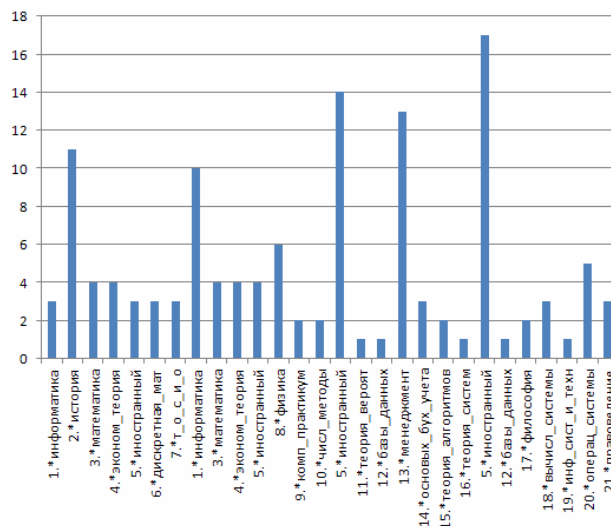


Рис. 2. Дополнительные баллы по дисциплинам специальности «Прикладная информатика»

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.

Список информационных источников

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.