

Литература.

1. Мицель А.А., Телипенко Е.В. Оценка влияния показателей финансово-хозяйственной деятельности предприятия на выручку от реализации продукции. – Экономический анализ: теория и практика. № 27 (234) – 2011 июль, с.57-64.
2. Захарова А.А., Телипенко Е.В. Математическое и программное обеспечение системы поддержки стратегических решений в сфере управления риском банкротства предприятия. Вестник компьютерных и информационных технологий. 2013. № 5. С. 22-27.
3. Захарова А.А., Телипенко Е.В. Моделирование риска банкротства производственного предприятия. Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. - №6. – 2011, с. 179-184.
4. Телипенко Е.В. Система поддержки принятия решений при управлении риском банкротства предприятия : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.13.10 / Телипенко Елена Викторовна; [Место защиты: Сиб. гос. ун-т телекоммуникаций и информатики]. - Новосибирск, 2013. - 22 с.
5. Zakharova A., Telipenko E. Information system of bankruptcy risk management of an enterprise. Proceedings - 2012 7th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2012, – 2012.
6. Захарова А.А. Информационная система управления риском банкротства предприятия / А.А. Захарова; Е.В.Телипенко, А.А.Мицель, С.В.Сахаров; Юргинский технологический институт – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 147 с.

**МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАЕКТОРИЕЙ ОБУЧЕНИЯ**

*А.А. Мицель, д.т.н., профессор, Н.В.Черняева, аспирантка  
Томский политехнический университет  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, тел. (3822)-12-34-56  
E-mail: nina.turalina@yandex.ru*

**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, т.к. подобную задачу можно отнести к разряду трудноформализуемых. В соответствии с федеральными государственными стандартами высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) третьего поколения, определяющими требования к результатам освоения основных образовательных программ (ООП), почти четверть ООП имеет вариативный характер, т.е. зависит от выбора студента. Это значительно отражается на результатах формирования различных компетенций.

В статье рассматриваются модели, методы и алгоритмы нахождения оптимальной индивидуальной образовательной траектории студента. Разработан новый метод управления траекторией обучения в виде динамической модели, использующей бальные оценки по дисциплинам для формирования последовательности изучаемых дисциплин.

**Подходы к решению проблемы формирования и выбора индивидуальной траектории обучения студента**

Одним из примеров разработки информационных технологий для решения задач измерения компетентности студента является работа Г.И. Алгазина и О.В. Чудовой [1], в основе которой лежит гибридная экспертная система с учетом различных типов измерительных шкал. Для структурирования информации использовался иерархический подход.

Анализ модели организации образовательного процесса в контексте формирования индивидуального подхода позволяет разработать систему поддержки принятия решений (СППР). Под СППР понимают комплекс взаимосвязанных программ и данных, используемых для анализа ситуации, формулирования альтернативных решений и выбора из них наиболее приемлемых. Пример такой СППР предложен в работе И.В. Добросоцкой и Л.Н. Крахт [2].

Анализ научных работ по проблеме нашего исследования дал нам основания для разработки собственной динамической модели формирования индивидуальной траектории обучения студента при ограничениях.

**Динамическая модель управления индивидуальной траекторией обучения студента**

Обозначим через  $N_t$ ,  $t = 1, \dots, T$  количество дисциплин, которые осваивает студент за семестр  $t$ . Здесь  $T$  – срок обучения (количество семестров). Результатом освоения дисциплин является при-

обретение множества компетенций. В отличие от работы Алгазина Г. И. и Чудовой О. В. структуру модели компетентности выпускника представим в виде трех уровней, так как это прописано в ФГОС-3: компетентность, общекультурные и профессиональные компетенции, частные компетенции. Компетентность студента можно оценить на основании множества оценок, полученных студентом в процессе изучения  $N$  дисциплин выбранной специальности.

Обозначим оценки по дисциплинам как  $V_j(t)$ ,  $j=1, \dots, N_t$ , где  $N_t$  – количество дисциплин, которые необходимо изучить в семестре  $t$  в соответствии с учебным планом. Переменные  $V_j$  можно оценивать в баллах, например по 100-балльной шкале. Интегральная оценка студента  $V(t)$  в момент времени  $t$  равна  $V(t) = \sum_{j=1}^{N_t} w_j V_j(t)$ ,  $t=1, \dots, T$ , где  $w_j$  – веса значимости дисциплины.

Динамику успеваемости студента в дискретном времени будем описывать уравнением

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

Здесь  $\mu_j(t)$  – среднее значение трудоемкости усвоения  $j$ -й дисциплины;  $\eta_j(t)$  – случайная составляющая (отклонение) трудоемкости усвоения  $j$ -й дисциплины с параметрами  $M(\eta_i(t)) = 0$ ,  $M(\eta_i(t)\eta_k(t)) = \Sigma_{ik}(t)$ ,  $i, k=1, \dots, n$ , где  $\Sigma_{ik}(t)$  – матрица ковариации трудоемкостей освоения дисциплин. Величины  $\mu_j(t)$  определяются на основе исторических данных по семестровой аттестации,  $u_j(t)$  – баллы, полученные в течение семестра по данной дисциплине ( $u_j(t) > 0$ ), либо штрафные баллы ( $u_j(t) < 0$ ).

Введем «эталонную» балльную оценку  $V^0(t)$  и запишем уравнение эталонного студента следующим образом:

$$V^0(t+1) = [1 + \mu_0(t)]V^0(t), \quad (2)$$

где  $\mu_0(t)$  – «эффективность» эталонного студента (задается экспертным путем).

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  $y(t) = (V_1, \dots, V_N)^T$  и вектор  $z(t) = (y(t), V^0(t))^T$ . Тогда уравнения (1), (2) можно переписать в виде

$$z(t+1) = A(t)z(t) + B(t)u(t), \quad (3)$$

где  $A(t) = \bar{A}(t) + \tilde{A}(t)$ ;  $\bar{A}(t)$ ,  $\tilde{A}(t)$  – диагональные матрицы размерности  $(N+1) \times (N+1)$ ,  $d_{jt} = 1$ , если дисциплина  $j$  назначена в семестре  $t$ , иначе 0. Матрица  $B(t)$  имеет размерность  $(N+1) \times N$ .

В качестве целевой функции выберем линейный функционал

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

$$\text{где } b(t) = (\mu_1(t)d_{1t}, \dots, \mu_N(t)d_{Nt})^T.$$

Используя  $z(t)$ , перепишем  $(V(t) - V^0(t))$  в форме  $(V(t) - V^0(t)) = Cz(t)$ , где  $C = (1, 1, \dots, 1, -1) \in R^{N+1}$ . Критерий качества  $J$  примет вид

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

Итак, имеем задачу оптимального управления, в которой уравнение состояния описывается многошаговым процессом (3), а функционал качества – выражением (4). Управление задается вектором  $u(t)$ . Задача решается при ограничении  $V(t) \geq V^0(t)$  или  $C \cdot z(t) \geq 0$ .

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

Введем ограничения на балльные оценки дисциплин

$$c_j^{\min} \leq y_j(t) + u_j(t) \leq c_j^{\max}, j = 1, \dots, N. \quad (5)$$

Здесь  $c_j^{\min}$ ,  $c_j^{\max}$  – минимальное и максимальное количество баллов, которые может набрать студент для получения отметки в зачетной книжке ( $c_j^{\min} = 55, c_j^{\max} = 100$ ).

В терминах  $z(t)$  ограничения (5) примут вид

$$c^{\min} \leq z(t) + Y(t)u(t) \leq c^{\max}, t = 0, \dots, T - 1,$$

где  $Y$  – матрица размерности  $(N + 1) \times N$ .

Ограничение по семестровой трудоёмкости изучения дисциплин представим как

$$\frac{M_{\min}^g(t)}{N_t} \leq \frac{1}{100N_t} \sum_{j=1}^N k_j d_{jt} y_j(t) \leq \frac{M_{\max}^g(t)}{N_t}, t = 1, \dots, T, \quad (6)$$

где  $k_j$  – количество кредитов по  $j$ -й дисциплине;  $N_t = \sum_{j=1}^N d_{jt}$  – количество дисциплин, изучаемых в семестре  $t$ .

$M_{\min}^g(t)$ ,  $M_{\max}^g(t)$  – минимальное и максимальное значения кредитов по циклу дисциплин, определяемые учебным планом. Например, для бакалавриата по техническим специальностям и направлениям выделяют гуманитарный, социальный и экономический цикл ( $g = 1$ ), математический и естественнонаучный цикл ( $g = 2$ ) и профессиональный цикл ( $g = 3$ ). По каждому из этих циклов в ФГОС-3 определены минимальное и максимальное количество кредитов.

Введем вектор  $D(t) = \frac{1}{100N_t} (d_{1,t}k_1, d_{2,t}k_2, \dots, d_{N,t}k_N; 0)$ .

Тогда ограничение (6) примет вид  $\frac{M_{\min}^g(t)}{N_t} \leq D(t)z(t) \leq \frac{M_{\max}^g(t)}{N_t}, t = 1, \dots, T$ .

Для учета дисциплин-пререквизитов введем коэффициенты  $r_{ij}$ . В работе Добросоцкой И.В. и Крахт Л.Н. эти коэффициенты называются коэффициентами тесноты междисциплинарной связи. В отличие от работы этих авторов коэффициенты  $r_{ij}$  будем полагать равными 0 либо 1. Коэффициент  $r_{ij} = 1$ , если для изучения  $j$ -й дисциплины требуется предварительно изучить дисциплину под номером  $i$  и  $r_{ij} = 0$  — в противном случае. Для учета дисциплин-кореквизитов введем коэффициент  $f_{ij}$ , который равен 1, если  $i$ -я дисциплина в дальнейшем используется для изучения  $j$ -й дисциплины, и  $f_{ij} = 0$  — в противном случае. С помощью этих коэффициентов определяется порядок изучения дисциплин, который задается индивидуальным учебным планом. Если  $r_{ij} = 0$  и  $f_{ij} = 0$ , то возможно параллельное изучение дисциплин.

Ограничения, связанные с порядком изучения дисциплин в каждом семестре  $t$ , запишем в виде

$$N_t c_k^{\min} \leq \sum_{i=1}^N r_{ik} d_{it} y_i(t) \leq c_k^{\max} N_t, \quad k = 1, \dots, N_t; \quad (7)$$

$$N_t c_i^{\min} \leq \sum_{k=1}^N f_{ik} d_{kt} y_k(t) \leq c_i^{\max} N_t, \quad i = 1, \dots, N_t.$$

Здесь  $c_k^{\min}$ ,  $c_k^{\max}$  – минимальное количество баллов, допускаемых по данной дисциплине (см. таблицу).

Если вводить ограничения с порядком изучения дисциплин в течение всего периода обучения  $T$ , не привязываясь к конкретному семестру, то вместо (7) будем иметь

$$N c_k^{\min} \leq \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T r_{ik} d_{it} y_i(t) \leq c_k^{\max} N, \quad k = 1, \dots, N; \quad (8)$$

$$N c_i^{\min} \leq \sum_{k=1}^N \sum_{t=1}^T f_{ik} d_{kt} y_k(t) \leq c_i^{\max} N, \quad i = 1, \dots, N.$$

Введем вектора  $R^k(t) = (r_{1,k} d_{1,t}, r_{2,k} d_{2,t}, \dots, r_{N,k} d_{N,t}, 0)$ ,

$$F^i(t) = (f_{i,1} d_{1,t}, f_{i,2} d_{2,t}, \dots, f_{i,N} d_{N,t}, 0)$$

и перепишем ограничения (7) в терминах  $z(t)$

$$N_t c_k^{\min} \leq R^k(t) z(t) \leq c_k^{\max} N_t, \quad k = 1, \dots, N;$$

$$N_t c_i^{\min} \leq F^i(t) z(t) \leq c_i^{\max} N_t, \quad i = 1, \dots, N.$$

Ограничения (8) примут вид

$$N c_k^{\min} \leq \sum_{t=1}^T R^k(t) z(t) \leq c_k^{\max} N, \quad k = 1, \dots, N;$$

$$N c_i^{\min} \leq \sum_{t=1}^T F^i(t) z(t) \leq c_i^{\max} N, \quad i = 1, \dots, N.$$

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

$$V(0) = V^0(0) = 0.$$

Итак, сформулируем окончательно задачу управления индивидуальной траекторией обучения

$$J = M \left\{ \sum_{t=1}^{T-1} C z(t) + \sum_{t=0}^{T-1} b^T(t) \cdot u(t) + C z(T) \right\} \rightarrow \min_{u(t)}, \quad (9)$$

$$z(t+1) = A(t)z(t) + B(t)u(t), \quad (10)$$

$$C \cdot z(t) \geq 0,$$

$$c^{\min} \leq z(t) + Yu(t) \leq c^{\max}, \quad t = 0, \dots, T-1;$$

$$N_t c_k^{\min} \leq R^k(t) z(t) \leq c_k^{\max} N_t, \quad k = 1, \dots, N;$$

$$N_t c_i^{\min} \leq F^i(t) z(t) \leq c_i^{\max} N_t, \quad i = 1, \dots, N;$$

$$\frac{M_{\min}^g(t)}{N_t} \leq D(t) z(t) \leq \frac{M_{\max}^g(t)}{N_t}, \quad t = 1, \dots, T;$$

$$u(t) \geq 0, \quad t = 0, 1, \dots, T-1$$

### Заключение

Проанализировано общее состояние проблемы формирования траектории обучения студентов и в частности выбора индивидуальной ее направленности.

Разработан новый метод управления траекторией обучения. Система формирует оптимальную индивидуальную траекторию обучения студента, основанную на динамической модели при ограничениях.

Задача является линейной задачей динамического программирования. Ее можно привести к задаче линейного программирования, для которой разработаны надежные методы решения.

Задача может быть решена стандартным симплекс методом с помощью любого математического пакета (например, Mathcad) или компьютерной программы, написанной на языке, например, Fortran, C++, C#.

Для решения задач большой размерности можно воспользоваться методом управления с прогнозирующей моделью.

Литература.

1. Алгазин Г. И., Чудова О. В. Информационные технологии комплексной оценки компетентности выпускника вуза // Вестник НГУ. Сер.: Информационные технологии. -2009. -Т. 7, вып. 3.
2. Добросоцкая, И.В., Крахт, Л.Н. Система поддержки принятия решений при формировании индивидуальной траектории обучения [Текст] / И.В. Добросоцкая, Л.Н. Крахт // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2009. – Т. 5, № 9. – С. 197-200.

### **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ РАЗЛИЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ ПАТЕНТОВ**

*А.В. Шокарев\**, к.т.н., доцент кафедры ИС, *Е.Ю Костюченко\*\**, к.т.н, доцент,  
*В.И. Карнышев\*\**, к.т.н., начальник ПИО

*\* Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел.(38451) 6-49-42  
E-mail:shokarev\_av@mail.ru*

*\*\* Томский Государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
634050, г. Томск пр. Ленина, 40, тел. (3822)-41-34-26  
E-mail: key@keva.tusur.ru*

Проблема анализа и прогнозирования динамики развития того или иного научного направления при разработке новых устройств и машин является актуальной. Как минимум предсказание общей тенденции развития интересующей области может позволить сказать имеет ли смысл в ближайшей перспективе проводить общие исследования в данном направлении или же при отсутствии глобальных прорывов большая часть исследований на основе текущей базы уже проведена и в дальнейшем до момента появления качественного скачка результаты исследований значимого вклада уже не внесут. Очевидно, что результаты таких прогнозов не являются абсолютно значимыми, поскольку без непрерывного проведения исследований в заданном направлении вероятность возникновения этого скачка минимальна, однако данное исследование может служить маркером по полноте исследований на основе существующей на данный момент базы.

Для проведения такого рода исследований необходимо определиться с источником входных параметров. В качестве простого примера таких параметров может выступать, например, динамика регистрации патентов по заданным направлениям. В качестве источника такой информации может выступать патентная база, уже содержащая в себе структуру по различным направлениям. В данной работе рассматривается анализ патентной базы США. Выборка из базы данных патентов осуществляется с помощью программного обеспечения [1], представленного в [2, 3]

В качестве входных данных на данном этапе исследования выступают данные по 867 направлениям исследований, представляющие собой подразделы следующих укрупненных групп: Электромеханические устройства для измерения интеграла электрической мощности или тока по времени, например потребления или расхода (контроль потребления электроэнергии на транспортных средствах с электродвигателем В 60L 3/00); устройства для образного представления электрических переменных величин или формы волн (образное представление величин путем механического перемещения 5/00,7/00,9/00; запись спектра частот 23/18) и другие подразделы. Информация структурирована по годам, рассматривался период времени с 1976 по 2014 год включительно (39 значений), при этом информация за 2014 год представлена на май месяц.

В качестве первого простейшего подхода для построения для построения прогнозов был выбран подход, основанный на построении прогнозов на основе фильтрации высокочастотных составляющих на основе цифровых фильтров, по сути реализующих механизм авторегрессии – прогнози-