

УДК 519.6

Е. В. КОНДРАТЁНОК, В. А. КОНДРАТЁНОК\*

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, ПРОВЕДЕННЫЙ С УЧЕТОМ ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ И СРЕДЫ ОБУЧЕНИЯ

*Белорусский национальный технический университет**\*Военная академия Республики Беларусь*

*Система поддержки принятия решений – достаточно мощный инструмент, присутствующий в настоящее время в большинстве сложных систем. Система поддержки принятия решений должна учитывать интенсивность взаимодействия обучающегося со средой обучения. При этом обеспечивается высокий уровень знаний и способность их применения выпускниками.*

*Авторами статьи рассмотрена методика моделирования процесса обучения с применением такой системы с точки зрения статистики. В статье предложен статистический синтез системы поддержки принятия решения для случая, когда посредством использования цепи положительной обратной связи учитывается интенсивность взаимодействия обучающихся и среды обучения. Синтез проведен по критерию минимума апостериорной вероятности получения неудовлетворительной оценки на экзамене (тесте, зачете). Синтез проведен при следующих допущениях: интенсивность взаимодействия обучающегося со средой обучения является дискретной величиной, пространство состояний оценок обучающегося является конечномерным и дискретным, процесс прохождения адаптивного учебного ресурса (последовательной реализации изучения тем и разделов технической дисциплины) имеет вероятностный характер и моделируется цепью Маркова. При этом считалось, что переходные вероятности интенсивности взаимодействия одинаковы, переходная плотность вероятности оценок распределена в соответствии с усеченным слева и справа распределением Гаусса (порядок определения математического ожидания оценки гауссовской плотности и среднеквадратического отклонения в статье описан), а априорная плотность вероятности для первого шага может аппроксимироваться гауссовской плотностью вероятности с учетом априорных сведений о результатах обучающегося, полученных им за изучение обеспечивающих дисциплин. Приведенные иллюстрации достаточно наглядно поясняют основные результаты исследования. Оценка интенсивности взаимодействия обучающегося со средой обучения в статье определена как оценка максимума дискретной апостериорной плотности вероятности.*

*Полученные результаты позволяют реализовать синтезированную систему на практике. Для оценки адекватности разработанной модели авторами статьи был проведен педагогический эксперимент, суть и результаты которого будут приведены в последующих публикациях.*

**Ключевые слова:** *статистический синтез, вероятность, моделирование, среда обучения, адаптивный учебный ресурс.*

### Введение

Решение сложных задач управления в образовательной системе, как показано в [1], сейчас практически невозможно без предварительного моделирования процесса обучения, в том числе и с применением системы поддержки принятия решений.

Как показывают результаты анализа современной литературы в области моделирования и решения сложных задач управления в образовательной системе [2], наметилась тенденция подготовки специалистов с большей долей

самостоятельной познавательной деятельности обучающегося. Однако, как показывает практика преподавания в ВУЗах, нельзя недооценивать систему стимулирования обучающихся, надеясь на их самостоятельность и способность освоить учебный материал без взаимодействия с преподавателем. В этих условиях актуальной становится задача разработки модели СППР, которая способна учитывать интенсивность взаимодействия обучающегося со средой обучения  $\delta$  (в [3] по аналогии с [4] этот параметр обозначен как «коэффициент

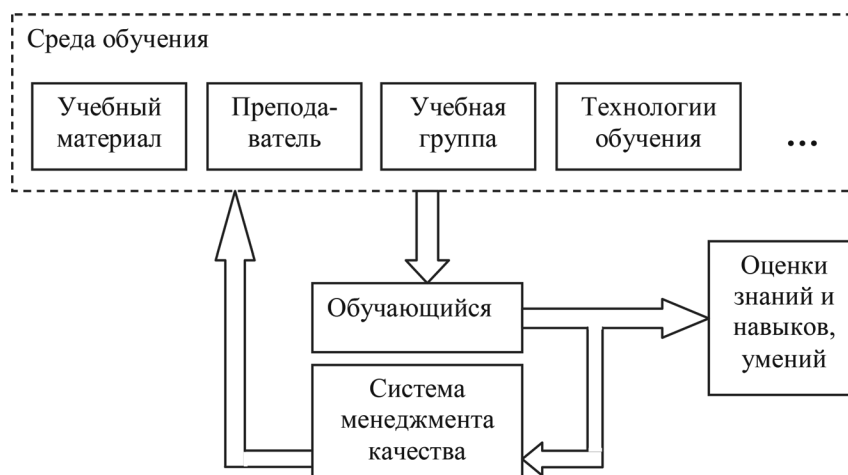


Рис. 1. Структурная схема взаимодействия обучающегося со средой обучения

управляющего воздействия»), обеспечивая высокий уровень знаний и способность их применения выпускниками.

Настоящая статья посвящена описанию результатов разработки такой модели.

#### Основная часть исследования

Учебные ресурсы, профессорско-преподавательский состав, набор используемых ими в ВУЗе методических приемов и технологий, окружение самого обучающегося (студента) и др. и составляют «среду обучения». Именно с ней взаимодействует обучаемый.

Процесс взаимодействия обучающегося со средой обучения в виде структурной схемы представлен в виде, показанном на рис. 1.

Для обучающегося учебный материал, представленный в виде адаптивного учебного ресурса (АУР) представляется набором модулей (тем, разделов). Вся процедура изучения АУР может быть рассмотрена как последовательная реализация набора этапов (изучения тем) при наличии контура обратной связи (в отличие от варианта, описанного в [5], где контур обратной связи отсутствует).

В [6] авторы показали, что проведение лабораторного практикума в рамках дистанционного обучения является одной из важнейших аспектов процесса обучения. В ходе его выполнения обучающийся не только получает теоретические знания, но и имеет возможность их практического применения, вырабатывая постепенно уверенные навыки и приемы владения своей специальностью.

В связи с этим авторы основное внимание уделили именно практикуму, а в качестве «кон-

трольных срезов» по предмету использовали оценки по коллоквиумам, проводимым перед каждой лабораторной работой с целью проверки уровня знаний обучающихся и степени их готовности к выполнению задания.

Взаимодействие обучающегося со средой обучения происходит через систему менеджмента качества (СМК), задача которой – оценить интенсивность этого взаимодействия  $\delta$  и, при необходимости, скорректировать ее. Решение о целесообразности коррекции интенсивности взаимодействия принимается «оператором» (в качестве «оператора» может выступать как преподаватель, так и председатель предметно-методической комиссии, декан и т. д.) по результатам анализа апостериорной плотности оценок  $i$ -го обучающегося (студента) на  $k$ -ом коллоквиуме при условии наблюдения его результатов работы с 1-го по  $k$ -ый коллоквиум  $P^{(i)}(W_k | \mathbf{F}_k)$ . Всего обучающийся сдает  $N_{kol}$  коллоквиумов, то есть  $k = 1, N_{kol}$ .

В настоящей работе будем считать, что интенсивность взаимодействия обучающегося со средой обучения на  $k$ -ом коллоквиуме  $\delta_l^k$  ( $l = 1, M$ ) является дискретной величиной и изменяется от 0 до 1 с шагом  $1/(M-1)$ . Такой подход упрощает процесс синтеза и анализа СППР.

При этом  $\mathbf{F}_k = \{\mathbf{f}_1, \mathbf{f}_2, \dots, \mathbf{f}_k\}$  – вектор векторов результатов наблюдения на  $k$ -ом коллоквиуме,  $\mathbf{f}_k$  – вектор результатов наблюдения на  $k$ -ом коллоквиуме.

Апостериорная плотность оценок  $i$ -го обучающегося на  $k$ -ом коллоквиуме при условии наблюдения его результатов работы с 1-го по  $k$ -ый коллоквиум рассчитывается в соответствии со следующим выражением:

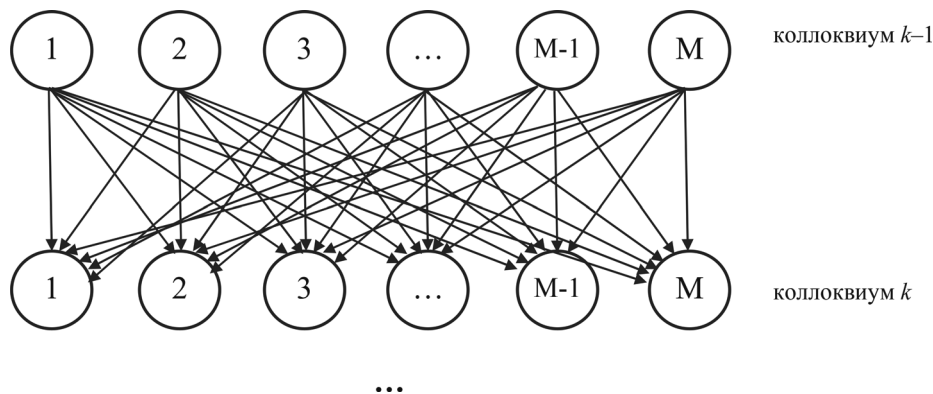


Рис. 2. Дерево гипотез изменения интенсивности взаимодействия

$$\begin{aligned}
 P^{(i)}(W_k | \mathbf{F}_k) &= \frac{1}{C_1} \sum_{l=1}^M P^{(i)}(\delta_l^k) P^{(i)}(W_k | \mathbf{F}_k, \delta_l^k) = \\
 &= \frac{1}{C_2} \sum_{l=1}^M P^{(i)}(\delta_l^k) P^{(i)}(W_k | \delta_l^k) P^{(i)}(\mathbf{F}_k | W_k, \delta_l^k),
 \end{aligned} \quad (1)$$

где  $P^{(i)}(\delta_l^k)$  – априорная вероятность взаимодействия обучающегося со средой обучения. В связи с тем, что эта вероятность зависит от множества объективных и субъективных факторов, считаем ее равновероятной для всех возможных значений  $l = \overline{1, M}$ :

$$P^{(i)}(\delta_l^k) = \frac{1}{M}; \quad (2)$$

где  $\delta_l^k$  – интенсивность взаимодействия обучающегося и среды обучения на  $k$ -ом коллоквиуме ( $l = \overline{1, M}$ );  $P^{(i)}(W_k | \mathbf{F}_k, \delta_l^k)$  – апостериорная плотность вероятности оценок  $i$ -го студента на  $k$ -ом коллоквиуме при условии, что интенсивность его взаимодействия со средой обучения будет;  $P^{(i)}(\mathbf{F}_k | W_k, \delta_l^k) \approx P^{(i)}(\mathbf{F}_k | W_k)$  – функция правдоподобия (результаты наблюдения) работы  $i$ -го обучающегося на  $k$ -ом коллоквиуме. Приближенное равенство обусловлено тем, что результаты сдачи  $k$ -ого коллоквиума наблюдаются объективно, т. е. без информации о влиянии на  $i$ -го обучающегося со стороны среды обучения. Следовательно, невозможно определить основную плотность вероятности;  $P^{(i)}(W_k | \delta_l^k)$  – априорная плотность вероятности получения обучающимся оценок  $W_k$  при условии его взаимодействия обучающегося с системой обучения с интенсивностью  $\delta_l^k$  на  $k$ -ом  $\delta_l^k$  коллоквиуме:

$$\begin{aligned}
 P^{(i)}(W_k | \delta_l^k) &= \\
 &= \frac{1}{C_3} \sum_{W_{k-1}=1}^{10} P^{(i)}(W_k | W_{k-1}, \delta_l^k) P^{(i)}(W_{k-1} | \mathbf{F}_{k-1}, \delta_l^k).
 \end{aligned} \quad (3)$$

Выражение (3) позволяет устранить априорную неопределенность относительно  $\delta_l^k$  ( $l = \overline{1, M}$ ) путем умножения на априорную плотность и интегрирования по этому параметру. При этом учитывается зависимость апостериорной плотности вероятности оценок  $i$ -го обучающегося на  $k-1$ -ом коллоквиуме от  $\delta_l^k$ . Наличие данной зависимости приводит к ветвящемуся дереву гипотез изменения интенсивности взаимодействия от коллоквиума к коллоквиуму, как показано на рис. 2.

В связи с конечномерным дискретным пространством состояния оценок обучающегося (от 1 до 10) сложная ветвящаяся структура дерева гипотез не позволяет существенно повысить показатели качества оценки состояния интенсивности взаимодействия обучающегося и системы обучения.

В этих случаях более наглядным и удобным является ограничение дерева гипотез одним шагом [7], т. е. целесообразно учитывать переход интенсивности взаимодействия с одного уровня на другой только между смежными (соседними) коллоквиумами. Такие ограничения соответствуют односвязному дискретному Марковскому процессу, с использованием аппарата которого получены результаты разработки АУР, представленные в [5].

Цепь Маркова, моделирующая вероятностный процесс прохождения АУР и порядок ее применения для технической дисциплины рассмотрен в [5]. Модель АУР представляет собой

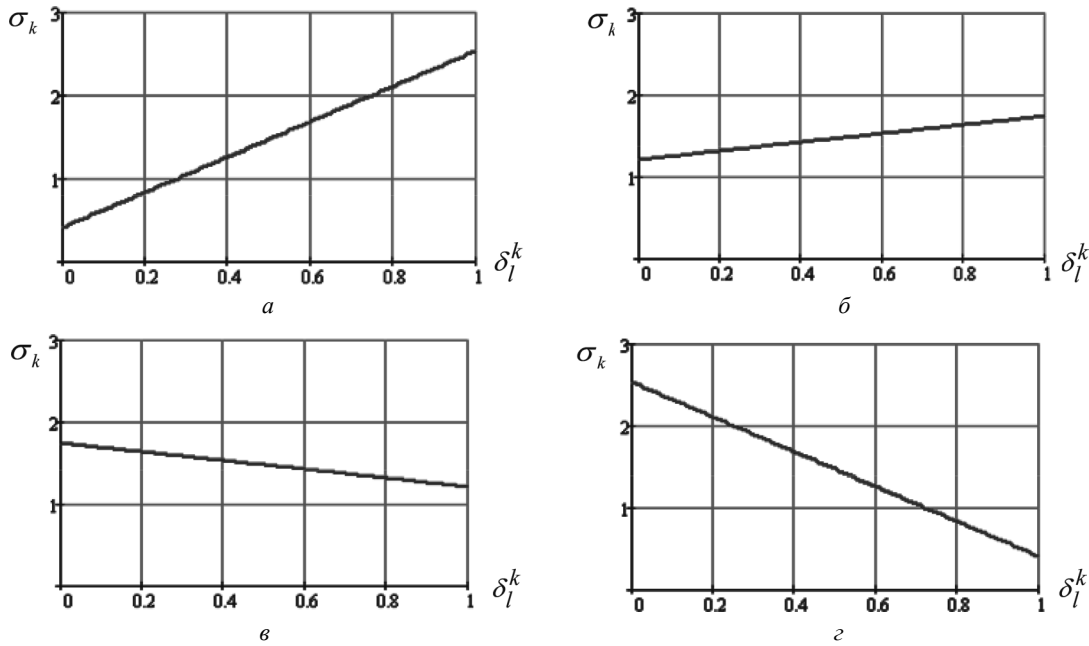


Рис. 3. Зависимость  $\sigma_k$  от интенсивности взаимодействия  $\delta_l^k$  для обучающихся с различным уровнем первоначальных знаний на  $(k-1)$ -ом коллоквиуме: а)  $W_{k-1} = 1$ ; б)  $W_{k-1} = 4$ ; в)  $W_{k-1} = 6$ ; г)  $W_{k-1} = 9$

ориентированный граф. В [5] также подчеркивалось, что сложность Марковской модели функционирования системы определяется необходимостью учета множества факторов и сложной организацией самой системы. Кроме того, обращалось внимание на то, что вероятностный подход, традиционно использованный в Марковских моделях, не всегда применим из-за недостатка статистической информации о состоянии сложной системы.

В связи с этим целесообразно сделать ряд допущений.

Будем считать, что переходные вероятности интенсивности взаимодействия одинаковы.

С этими допущениями выражение (3) может быть записано в следующем виде:

$$P^{(i)}(W_k | \delta_l^k) \approx \frac{1}{C_3} \sum_{W_{k-1}=1}^{10} P^{(i)}(W_k | W_{k-1}, \delta_l^k) P^{(i)}(W_{k-1} | \mathbf{F}_{k-1}), \quad (4)$$

где  $C_1, C_2, C_3$  – нормирующие коэффициенты;  $P^{(i)}(W_k | W_{k-1}, \delta_l^k)$  – переходная плотность вероятности оценок  $W_{k-1}$  в  $W_k$  при условии интенсивности взаимодействия  $i$ -го обучающегося и среды обучения  $\delta_l^k$ . Вариант ее выбора предложен ниже.

Главная идея определения функции  $P^{(i)}(W_k | W_{k-1}, \delta_l^k)$  в том, что при переходе оценки с  $(k-1)$ -го на  $k$ -й коллоквиум функция распре-

делена в соответствии с усеченным слева и справа распределением Гаусса.

Математическое ожидание оценки гауссовской плотности на  $k$ -ом коллоквиуме равно его оценке на  $(k-1)$ -ом.

Среднеквадратическое отклонение  $\sigma_k$  (СКО) гауссовской плотности для обучающихся с первоначально низким уровнем знаний на  $(k-1)$ -ом коллоквиуме растет по мере роста интенсивности взаимодействия  $\delta_l^k$ . Для студентов с первоначально высоким уровнем знаний, как правило, наблюдается обратная зависимость, как показано на рис. 3.

Совокупность зависимостей СКО оценки обучающегося  $k$ -м коллоквиуме от интенсивности его взаимодействия  $\delta_l^k$  со средой обучения и уровня первоначальных знаний на  $(k-1)$ -м коллоквиуме показана на рис. 4 и представляет собой поверхность, описываемую следующей зависимостью:

$$\sigma_k(W_k | W_{k-1}, \delta_k) = \frac{1}{W_{\max}} - \frac{\delta_k}{2 - \delta_k} \left( \frac{2W_{k-1} - W_{\max}}{W_{\max}} \right) \left( 1 - \frac{2W_k}{W_{\max}} \right). \quad (5)$$

При этом полагалось, что диапазон изменения  $\delta_l^k \in (0, 1)$ . Вариант  $\delta_l^k = 0$  соответствует случаю, когда обучающийся с системой обучения не взаимодействует вообще, а  $\delta_l^k = 1$  означает, что эффективность взаимодействия

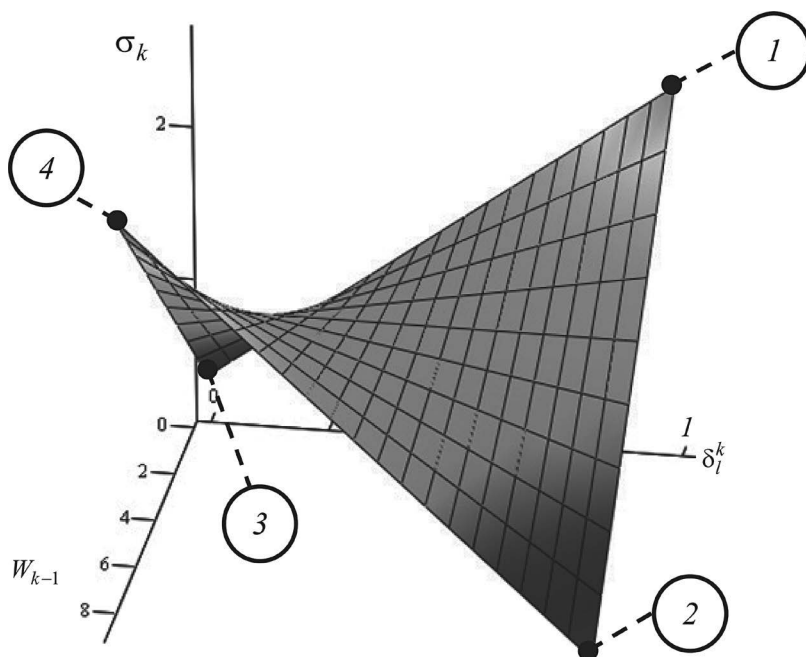


Рис. 4. Зависимость СКО от интенсивности взаимодействия  $\delta_l^k$  обучающихся со средой обучения и уровня первоначальных знаний на  $(k-1)$ -м коллоквиуме

обучающегося с системой обучения максимальна.

Точка «1» на рис. 4 соответствует высокой интенсивности взаимодействия обучающегося со средой обучения в случае его низкого уровня знаний на  $(k-1)$ -м коллоквиуме. Это так называемый «случай активной работы со «слабым» студентом». При этом наблюдается большое значение СКО. Вероятность получения оценки, отличной от «неудовлетворительно», весьма велика.

Точка «2» на рис. 4 соответствует высокой интенсивности взаимодействия обучающегося со средой обучения в случае его высокого уровня знаний на  $(k-1)$ -м коллоквиуме. Это случай активной работы с «сильным» студентом. Наблюдается малое значение СКО. При этом вероятность получения оценки ниже «отлично» мала.

Точка «3» на рис. 4 соответствует низкой интенсивности взаимодействия обучающегося со средой обучения в случае его низкого уровня знаний на  $(k-1)$ -м коллоквиуме. Случай отсутствия работы со «слабым» студентом. Наблюдается малое значение СКО. Вероятность получения оценки выше «неудовлетворительно» при этом мала.

Точка «4» на рис. 4 соответствует низкой интенсивности взаимодействия обучающегося со средой обучения в случае его высокого

уровня знаний на  $(k-1)$ -м коллоквиуме. Случай отсутствия работы с «сильным» студентом. Имеется большое значение СКО. Вероятность получения оценки ниже «отлично» велика.

Диапазон изменения СКО при этом авторы полагали от 0,15 до 2,8.

В результате переходная плотность вероятности оценок  $P^{(i)}(W_k | W_{k-1}, \delta_l^k)$  принимает вид, показанный на рис. 5–7.

Рис. 5 поясняет зависимость переходной плотности вероятности для случая, когда обучающийся почти не взаимодействует со средой обучения. При этом наблюдается максимальное значение разброса оценок у обучаю-

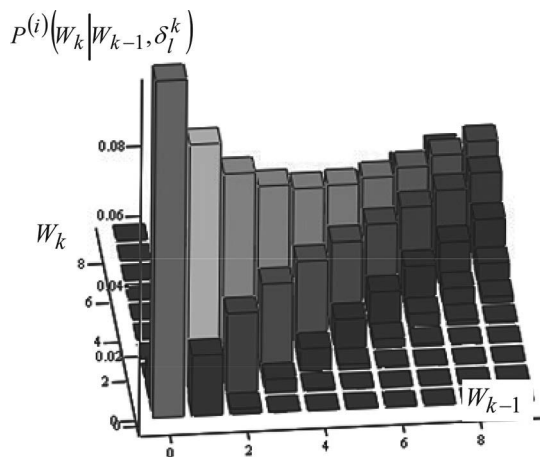
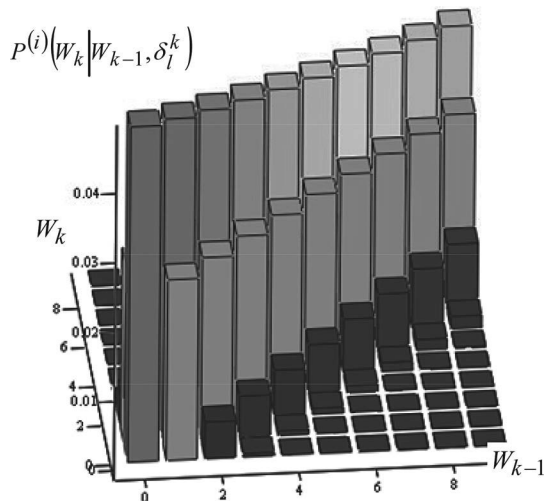


Рис. 5. Переходная плотность вероятности при  $\delta_l^k = 0,1$



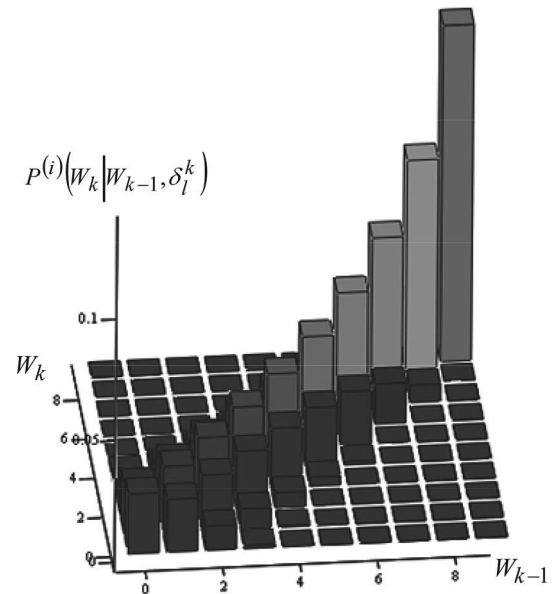
Рис. 6. Переходная плотность вероятности при  $\delta_l^k = 0,4$ 

щихся, имеющих высокий уровень первоначальных знаний (по результатам  $(k-1)$ -го коллоквиума), так как снижение требовательности среды обучения к студенту приводит к ослаблению его личной мотивации и, как следствие, к созданию предпосылок для ухудшения успеваемости. Математическое ожидание оценок такого студента будет по-прежнему высоким, но за счет значительного разброса оценок (рост СКО) увеличивается вероятность получения более низких оценок.

Студент же, имеющий по результатам  $k-1$ -го коллоквиума низкий уровень первоначальных знаний, при низком уровне интенсивности взаимодействия со средой обучения ( $\delta_l^k = 0,1$ ) не проявляет заинтересованности получения знаний и соответствующих навыков, что приводит к снижению СКО оценок по  $k$ -му коллоквиуму. При этом математическое ожидание оценок такого студента будет низким, а сами оценки – стабильно неудовлетворительные.

Рис. 6 поясняет зависимость переходной плотности вероятности для случая, когда обучающийся взаимодействует со средой обучения со средней интенсивностью. При этом наблюдается незначительный разброс оценок у обучающихся, имеющих как высокий, так и низкий уровень первоначальных знаний (по результатам  $(k-1)$ -го коллоквиума). Обе категории обучающихся имеют возможность как повысить свою оценку на  $k$ -ом коллоквиуме, так и получить более низкую по сравнению с  $(k-1)$ -ым.

Рис. 7 поясняет зависимость переходной плотности вероятности для случая, когда обу-

Рис. 7. Переходная плотность вероятности при  $\delta_l^k = 0,9$ 

чающийся активно взаимодействует со средой обучения. При этом наблюдается максимальное значение разброса оценок у обучающихся, имеющих низкий уровень первоначальных знаний (по результатам  $(k-1)$ -го коллоквиума), так как высокая требовательность среды обучения к студенту приводит к усилению его мотивации и, как следствие, к созданию предпосылок для улучшения успеваемости. Математическое ожидание оценок такого студента будет низким, но за счет значительного разброса оценок увеличивается вероятность получения более высоких оценок.

Студент же, имеющий по результатам  $(k-1)$ -го коллоквиума высокий уровень первоначальных знаний, при высоком уровне интенсивности взаимодействия со средой обучения ( $\delta_l^k = 0,9$ ) проявляет активную заинтересованность в получении знаний и соответствующих навыков, что приводит к снижению СКО оценок по  $k$ -му коллоквиуму. При этом математическое ожидание оценок такого студента остается высоким, а сами оценки – стабильно отличные.

Что касается 1-го коллоквиума, то априорная плотность вероятности в этом случае может аппроксимироваться гауссовской плотностью вероятности. При этом она не зависит от интенсивности взаимодействия  $\delta_l^0$ , так как обучающийся еще ни разу не отчитывался по изучаемой дисциплине. В качестве априорных сведений выступают математическое ожида-

ние  $m_0$  и СКО  $\sigma_0$ , вычисленные по результатам обработки оценок обучающегося, полученных им за изучение обеспечивающих анализируемую дисциплину. Таким образом, априорная плотность вероятности для 1-го коллоквиума задается при помощи следующего выражения:

$$P^{(i)}(W_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_0}} e^{-\frac{(W-m_0)^2}{2\sigma_0^2}}. \quad (6)$$

Величиной, характеризующей степень соответствия оценок обучающегося на  $k$ -ом коллоквиуме интенсивности взаимодействия, является коэффициент правдоподобия, который определяется при помощи следующего выражения:

$$\begin{aligned} L^{(i)}(\delta_l^k) &= \sum_{W_k=1}^{10} P^{(i)}(W_k | \delta_l^k) P^{(i)}(\mathbf{F}_k | W_k, \delta_l^k) = \\ &= \sum_{W_k=1}^{10} \left[ \sum_{W_{k-1}=1}^{10} P^{(i)}(W_k | W_{k-1}, \delta_l^k) \times \right. \\ &\left. \times P^{(i)}(W_{k-1} | \mathbf{F}_{k-1}, \delta_l^k) \right] P^{(i)}(\mathbf{F}_k | W_k, \delta_l^k). \end{aligned} \quad (7)$$

Апостериорная функция распределения (дискретная плотность вероятности) интенсивности взаимодействия обучающегося со средой обучения выражается следующим образом:

$$P^{(i)}(\delta_l^k | \mathbf{F}_k) = \frac{1}{\sum_{j=1}^M L^{(i)}(\delta_j^k)} L^{(i)}(\delta_l^k), \quad (l = \overline{1, M}). \quad (8)$$

Оценка интенсивности взаимодействия обучающегося со средой обучения может быть сформирована как оценка максимума дискретной апостериорной плотности вероятности (8):

$$\hat{\delta}^k = \arg \max_{\delta_l^k} P^{(i)}(\delta_l^k | \mathbf{F}_k), \quad (l = \overline{1, M}). \quad (9)$$

На практике, как правило, оценивают априорную вероятность получения неудовлетворительной/удовлетворительной оценки обучающимся на экзамене. Для ее получения рассчитывается дискретная априорная плотность вероятности после проведения последнего коллоквиума ( $k = N_{\text{kol}}$ ):

$$P^{(i)}(W_{N_{\text{kol}}}) = \frac{1}{C_1} \sum_{l=1}^M P^{(i)}(\delta_l^{N_{\text{kol}}}) P^{(i)}(W_{N_{\text{kol}}} | \delta_l^{N_{\text{kol}}}). \quad (10)$$

Априорная вероятность получения неудовлетворительной оценки равна

$$P_{\text{неуд}}^{(i)} = \sum_{W_{N_{\text{kol}}}=1}^3 P^{(i)}(W_{N_{\text{kol}}}), \quad (11)$$

получение удовлетворительной и выше оценки

$$P_{\text{уд}}^{(i)} = 1 - P_{\text{неуд}}^{(i)} = \sum_{W_{N_{\text{kol}}}=4}^{10} P^{(i)}(W_{N_{\text{kol}}}). \quad (12)$$

### Заключение

В статье описан статистический синтез СППР, который позволяет посредством использования цепи положительной обратной связи учитывать интенсивность взаимодействия обучающихся и среды обучения с целью максимизации результатов обучения. Полученные результаты позволяют реализовать такую систему на практике. Для оценки адекватности разработанной модели на практике был проведен педагогический эксперимент, суть и результаты которого будут приведены в последующих публикациях.

### Литература

1. Орлов, П. А. Методы математического моделирования процесса обучения / П. А. Орлов, И. Г. Дровникова И. Г. // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2009-1/03-01-09.ttb.pdf>. Дата доступа: 26.02.2013.
2. Башмаков, А. И. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем / А. И. Башмаков, И. А. Башмаков. – М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 2003. – 616 с.
3. Кондратенко, Е. В. Анализ возможности использования системы поддержки принятия решения при реализации адаптивного учебного ресурса / Е. В. Кондратенко, В. А. Кондратенко // Системный анализ и прикладная информатика. – № 4. – 2015. – С. 27–30.
4. Топольский, Н. Г. Вероятностно-статистический подход к решению задач создания сложных систем безопасности объектов / Н. Г. Топольский, А. Н. Членов // Материалы XV НПК «Проблемы горения и тушения пожаров на рубеже веков». – М.: ВНИИПО МВД России, 1999. – С. 141–142.
5. Кондратенко, Е. В. Результаты разработки адаптивного учебного ресурса // Системный анализ и прикладная информатика. – № 4. – 2014. – С. 72–76.
6. Кондратенко, Е. В. Особенности проведения лабораторного практикума при реализации концепции виртуальных университетов / Е. В. Кондратенко, В. А. Кондратенко, Д. А. Шаров // Материалы Международной интернет-конференции «Информационно-технологическое обеспечение образовательного процесса государств-участников СНГ» (Минск, БГУ, 27–30.11.2012) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/27836>. Дата доступа: 26.07.2016.

7. Bar-Shalom, Y. Multitarget – Multisensor Tracking: Principles and Techniques / Bar-Shalom Y, Li X-R. – YBS Publishing, Storrs, 1995.

### References

1. Orlov, P. A. Metody matematicheskogo modelirovaniya processa obuchenija / P. A. Orlov, I. G. Drovnikova I. G. // [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2009-1/03-01-09.ttb.pdf>. Data dostupa: 26.02.2013.
2. Bashmakov, A. I. Razrabotka komp'yuternyh uchebnikov i obuchajushhih sistem / A. I. Bashmakov, I. A. Bashmakov. – M.: Informacionno-izdatel'skij dom «Filin», 2003. – 616 s.
3. Kondratyونok, E. V. Analiz vozmozhnosti ispol'zovaniya sistemy podderzhki prinjatija reshenija pri realizacii adaptivnogo uchebnogo resursa / E. V. Kondratyонok, V. A. Kondratyонok // Sistemnyj analiz i prikladnaja informatika. – № 4. – 2015. – S. 27–30.
4. Topol'skij, N. G. Veroyatnostno-statisticheskij podhod k resheniju zadach so-zdaniya slozhnyh sistem bezopasnosti ob#ektov / N. G. Topol'skij, A. N. Chlenov // Materialy HV NPK «Problemy gorenija i tusheniya pozharov na rubezhe vekov». – M.: VNIPO MVD Rossii, 1999. – S. 141–142.
5. Kondratyонok, E. V. Rezul'taty razrabotki adaptivnogo uchebnogo resursa // Si-stemnyj analiz i prikladnaja informatika. – № 4. – 2014. – S.72–76.
6. Kondratyонok, E. V. Osobennosti provedeniya laboratornogo praktikuma pri re-alizacii koncepcii virtual'nyh universitetov / E. V. Kondratyонok, V. A. Kondratyонok, D. A. Sharov // Materialy Mezhdunarodnoj internet-konferencii «Informacionno-tehnologicheskoe obespechenie obrazovatel'nogo processa gosudarstv-uchastnikov SNG» (Minsk, BGU, 27–30.11.2012) [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/27836>. Data dostupa: 26.07.2016.
7. Bar-Shalom, Y. Multitarget – Multisensor Tracking: Principles and Techniques / Bar-Shalom Y, Li X-R. – YBS Publishing, Storrs, 1995.

Поступила  
27.07.2016

После доработки  
02.08.2016

Принята к печати  
15.09.2016

*E. Kondratyонok, V. Kondratyонok*

## DECISION SUPPORT SYSTEM STATISTICAL SYNTHESIS, BASED ON AN ASSESSMENT CARRIED OUT WITH THE INTENSITY OF INTERACTION TEACH AND THE LEARNING ENVIRONMENT

*Belarusian National Technical University*

*Decision Support System – a powerful tool that is present now in the most complex systems. Decision Support System should take into account the strength of the interaction with the student learning environment. This ensures a high level of knowledge and ability of their application by alumni.*

*The method of learning process modeling of this system in terms of statistics is examined. This paper proposes a statistical synthesis of a decision support system for the case by use of a positive feedback loop takes into account the intensity of the interaction between the students and the learning environment. Synthesis carried out by the criterion of minimum posterior probability of receiving an unsatisfactory assessment on the exam (test, offset). Synthesis carried out under the following assumptions: the intensity of the interaction of the learner with the learning environment is a discrete value, the space state student assessment is a finite and discrete, the process of passing the adaptive educational resources (consistent implementation of the study and the sections of the technical discipline) is probabilistic in nature and is modeled by a Markov chain. It was assumed that the transition probabilities of the interaction intensity of the same, the transition probability density estimates is allocated in accordance with the truncated left and right of a Gaussian distribution (the procedure for determining the expectation of a Gaussian density estimation and standard deviation in the article described), and the a priori probability density for the first step can be approximated Gaussian probability density based on a priori information on the results of the student to him for study providing disciplines. The illustrations amply illustrate the main results of the study. Evaluation of the intensity of the interaction with the student learning environment in the article is defined as a discrete estimate of the maximum a posteriori probability density.*

*The results allow to realize the synthesized system in practice. To assess the adequacy of the model developed by the authors pedagogical experiment was carried out, the nature and the results of which will be given in subsequent publications.*

**Keywords:** *statistical synthesis, probability, modeling, learning environment, adaptive training resource.*





**Кондратёнок Елена Вячеславовна**, старший преподаватель Белорусского национального технического университета. Получила степень магистра технических наук в 2012 г. по специальности «Системный анализ, управление и обработка информации». В настоящее время проходит обучение в аспирантуре. Область научных интересов включает моделирование систем поддержки принятия решений на основе статистического синтеза.

**Elena Kondratyuk**, Senior Lecturer of Belarusian National Technical University. Received the Master's degree in system analysis and control of information processing in 2012. She is currently working on PhD degree program. Her current research interests include modeling of decision support system based on probability statistical synthesis.

E-mail: elena\_kondr@tut.by



**Кондратёнок Василий Анатольевич**, к. т. н., доцент, начальник кафедры радиолокации и приемо-передающих устройств учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь». Область научных интересов: радиоэлектронная борьба, методы и алгоритмы оптимизации в технических системах.

**Vasily Kondratyuk**, PhD, Associate Professor, chief of chair of radiolocation and transceiver devises of Military Academy of the Republic of Belarus. His research interests include radioelectronic warfare, methods and algorithms of optimization in technical systems

E-mail: vkondr@tut.by