

## ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Соколов А. Е.**, к.т.н., доцент, доцент кафедры информационных технологий Херсонского национального технического университета, E-mail: sokol8484@inbox.ru;

**Соколова О. В.**, к.т.н., старший преподаватель кафедры экономической кибернетики и управления проектами Херсонского национального технического университета, E-mail: kntu-ek@rambler.ru

*В статье рассмотрены вопросы качественной профессиональной подготовки специалистов в области морских перевозок с применением новых парадигм образования, к числу которых можно отнести парадигму, основанную на компетентностном подходе. Проанализированы подходы к решению задачи повышения эффективности и качества обучения за счет использования информационных технологий. Сформулирована задача оптимального управления процессом накопления знаний и обоснован метод её решения с использованием энтропийных мер информации.*

**Введение.** В настоящее время все острее встает вопрос качественной профессиональной подготовки специалистов, в области морских перевозок в том числе. На его решение направлено применение новых парадигм образования, к числу которых можно отнести парадигму, основанную на компетентностном подходе. Несмотря на то, что ввиду постоянно увеличивающегося объема доступной информации современные подходы невозможны без использования информационных технологий, тем не менее, задача повышения эффективности и качества обучения за счет использования информационных технологий далека от своего решения. Одной из основных проблем в задаче накопления информации является все более возрастающий поток неинформативных, а иногда попросту ложных сообщений, хранение которых не имеет смысла, а чаще всего приносит ощутимый вред. Достаточно войти в Интернет и оценить информацию практически по любому разделу или событию. Таким образом, исследования, посвященные дальнейшему развитию систем управления процессом компьютеризированного обучения, созданию для этих целей информационных технологий накопления информации, специального математического и программного обеспечения для решения широкого круга задач, возникающих в процессе обучения, являются актуальными.

**Постановка задачи.** Очевидно, что компьютеризированную систему обучения можно рассматривать как частный случай системы накопления информации. Анализ литературных источников, посвященных созданию оптимальных систем накопления знаний, проведенный в [1], показывает, что представление моделей системы обучения с использованием традиционных стохастических моделей не позволяет получить адекватные продуктивные алгоритмы обучения, так как процесс обучения можно назвать стохастическим с большой натяжкой. Поэтому сложность процесса требует его описания с позиции обобщенных переменных. Естественным подходом в этом случае является использование информационных методов [1, 2]. При использовании этих методов ставится задача получения оценок количества информации с использованием энтропийных мер информации.

**Целью данной статьи** является постановка задачи оптимального управления процессом накопления знаний и обоснование методов её решения с использованием энтропийных мер информации.

**Основная часть.** С целью получения алгоритма обучения, оптимального по отношению к предлагаемым функционалам цели: повышения эффективности и качества обучения, рассмотрим задачу оптимального управления процессом накопления знаний.

Исходя из модели для информационного пространства [3] с нормой:

$$\|a_i\|_I = -\log_a P_i,$$

и метрикой:

$$\alpha(a_i, a_j)_I = -\log_a P(a_j / a_i),$$

обучение рассматривается как формирование ожидаемых величин:

$$\begin{aligned} M\{\|a_i\|\} &= M\{-\log_a P_i\} = H_i, \\ M\{\alpha(a_i, a_j)_I\} &= M\{-\log_a P(a_j / a_i)\} = H_{i/j}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $H_i$  – это ожидаемая информация  $i$ -го сообщения, а  $H_{i/j}$  – расстояние, которое соответствует гипотезе, что  $i$ -тое сообщение  $a_i$  соответствует  $j$ -му образу  $a_j$ .

Таким образом, речь идет о формировании энтропии системы по отношению к  $i$  и  $j$  объектам – информационным сообщениям. Естественно в таком случае рассматривать память системы, где накапливается отложенная – ожидаемая реакция. Проведенный сравнительный анализ различных подходов к измерению энтропии: классической термодинамической энтропии Р. Клаузиуса, энтропии Л. Больцмана, энтропии Дж. Гиббса, энтропии Кульбака, энтропии Крылова-Колмогорова-Синая, информационной энтропии К. Шеннона, показал непригодность их применения в случае информационного пространства.

Таким образом, будем рассматривать обучение как движение в информационном пространстве с вектором состояния  $\vec{H}$ , имеющим компоненты  $H_1, \dots, H_n$ :

$$\vec{H} = \begin{Bmatrix} H_1 \\ \dots \\ H_n \end{Bmatrix}, \quad \vec{H}_i = \begin{Bmatrix} H_{i/1} \\ \dots \\ H_{i/m} \end{Bmatrix}, \quad (2)$$

где индекс  $i/j$  указывают на условный характер распределения.

В условиях сделанных предположений в системе обучения есть обучающий как источник сообщения (информации, образа) и обучающий как приемник информации, который тоже формирует (генерирует) ответное сообщение. Сообщение, генерируемое приемником, связано с выдвижением приемником гипотезы, что  $i$ -тое сообщение соответствует  $j$ -тому образу.

Для измерения количества информации (1), (2) необходимо измерить отклонение события от гипотезы, а для этого, определить метрику.

Обозначив вектор, который формирует обратная связь [4]  $H_j = \vec{U}$ , вектор отклонения гипотезы и события  $H_{i/j} = \Delta\vec{H}$  и вектор информации, поступающей из внешней среды вне системы обучения  $\vec{H}_k = V$ . Учитывая время  $\vec{H} = \vec{H}(t)$ ;  $\Delta\vec{H} = \Delta\vec{H}(t)$ ,  $\vec{U} = \vec{U}(t)$ , наблюдения на выходе  $\vec{Y} = Y$  и возмущения  $\vec{G} = \vec{G}(t)$  получаем линеаризованную модель динамической системы в пространстве состояний:

$$\begin{cases} \dot{H}(t) = A(t)H(t) + B(t)U(t) + G(t)V(t), \\ Y(t) = C(t)H(t) + D(t)U(t) + Q(t)V(t) \end{cases}$$

где  $A$  – матрица объекта, которая описывает динамику движения объекта при отсутствии управления,  $B$  – матрица управления, которая описывает влияние компонент вектора управления на объект,  $G$  – матрица возмущений, которая описывает воздействие внешней среды на объект, матрица  $C$  – матрица выхода, которая описывает взаимодействие объекта

с внешней средой,  $D$  – описывает влияние управления на выход,  $Q$  – влияние возмущений на выход.

Учитывая особенности обучения (неважно, классического или компьютеризированного), естественно предположить, что скорость изменения матрицы  $A$  много меньше, чем скорость изменения вектора  $H$ , а матрицы  $C, D, G$  квазистационарные.

Для сформулированной модели динамики накопления знаний следует поставить задачу оптимизации. Для определения скорости изменения знаний при свободном движении системы, то есть, другими словами, скорости потери информации, необходимо определить собственные числа матрицы  $A$ . Элементы других матриц полученной системы определяют чувствительность к воздействиям.

Полученная модель описывает динамику накопления знаний в пространстве, где сложно оценить переменные состояния. В предположении первичности информации, модель в пространстве функционалов цели будет иметь вид:

$$\vec{J} = \vec{J}(\vec{H}, c).$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\vec{J}}{dt} &= A(t)\vec{J}(t) + B(t)U(t) + G(t)\vec{d}(t) \\ Y(t) &= C(t)J(t) + D(t)U(t) + Q(t)\vec{d}(t) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Формирование оценки предполагает, во-первых, стационарность процесса и, во-вторых, выпуклость функционала. Предположение выпуклости ведет к квадратичному функционалу – критерию цели:

$$R = \int_{t_0}^{t_j} \left( \vec{J}^T S \vec{J} + \vec{U}^T V \vec{U} \right) dt. \quad (4)$$

Тогда оптимизационная задача формулируется таким образом:

$$\left. \begin{aligned} \vec{J}^*, \vec{U}^* &\rightarrow \min R, \\ \left\{ \begin{aligned} R(t_0) &= R_0 \\ R(t_j) &= R_j \end{aligned} \right. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

с ограничениями в виде системы (3).

Данная задача соответствует задаче накопления знаний с минимальными затратами и может решаться с использованием известного алгоритма АКОР.

Если говорить о задаче с максимальным быстродействием:

$$\vec{J}^*, \vec{U}^* \rightarrow \min T,$$

при граничных условиях:

$$\left\{ \begin{aligned} R(t_0) &= R_0 \\ R(t_j) &= R_j. \end{aligned} \right.$$

Решение этой задачи приводит к теореме об  $n$ -интервалах, где  $n$  – равно числу рассматриваемых гипотез, а стратегия накопления знаний подразумевает учет заданий на каждом этапе. При рассмотрении предела при неограниченных ресурсах воздействия задача переходит в задачу о скользящем режиме: предусматривается максимальный объем входных знаний и максимально быстрое забывание за счет переключения потока.

Для определения оптимальной стратегии формирования информационного потока в процессе накопления знаний в системе компьютеризированного обучения необходимо построить математическую модель процесса восприятия информации и накопления

знаний. При построении модели, прежде всего, необходимо определить то множество, с элементами которого мы имеем дело в процессе восприятия информации и накопления знаний. За основу возьмем концепцию описания поведения агента как процесса взаимодействия с внешней средой. Будем рассматривать множество  $\Omega$ , элементы которого  $\omega_i$  являются конкретными объектам или явлениями внешней среды. Так как каждое событие, явление или объект связан с его представлением в виде сигнала или последовательности сигналов, определим это соответствием

$$\Gamma: \omega_i \rightarrow \xi_i.$$

Основополагающей в наших рассуждениях является гипотеза о том, что в основе всех явлений внешнего мира лежит определенная причина, которую можно считать связанной с получением информации, то есть явления можно отождествлять с информацией. В этом случае предположение функциональности связи позволяет считать, что представление объекта изучения определяется информацией, которая описывает объект. Действительно, при описании явления производится формирование сообщения о существенных особенностях объекта.

Использование понятия агента для описания объекта процесса восприятия информации и накопления знаний – обучаемого дает возможность определить разумность обучаемого через «разумность» агента как стремление к достижению определенной цели.

При компьютеризированном обучении, в зависимости от индивидуальных особенностей обучаемого, эта цель может быть поставлена искусственно или существовать естественно, но в любом случае поведение агента описывается оптимизационной задачей с ограничениями. Исходя из предположения, что конкретная функция цели  $f_i$  принадлежит множеству функций цели  $F$ , можно считать, что каждое сообщение изменяет текущее значение функции цели в зависимости от полученной информации  $I_i$ :

$$f_i = f_i(I_i). \quad (6)$$

При этом поведение объекта, например, в системе компьютеризированного обучения, определяется, как стремление получить количество информации, доставляющее экстремум функции цели при ограничениях  $\varphi(I)$ , имеющих в задаче:

$$\begin{aligned} I_i^* &\rightarrow \text{extr} f_i; \\ \varphi(I) &\leq 0. \end{aligned} \quad (7)$$

Так, на множестве объектов  $\Omega$  формируется множество описаний в результате отношения  $\Gamma: \omega_i(I) \rightarrow \xi_i(I)$ . Предположим, что  $\Gamma$  – это, в общем случае, взаимно-однозначное соответствие и  $\Gamma^{-1}: \xi_i(I) \rightarrow \omega_i(I)$ . Очевидно, что именно к этому необходимо стремиться в процессе обучения, то есть это утверждение означает, что описание позволяет представить объект.

Существенной особенностью задачи описания пространства над множеством объектов является сложность определения соответствия (множества описаний)  $\Gamma$ , так как единственным очевидным свойством этого соответствия является его обратимость. Структура множества объектов образуется соответствием и его правилами.

Используя свойство однозначности соответствия, можно определить метрику в данном пространстве, основываясь на предположении аналитичности функциональной связи функции цели и информации:

$$f(I) = f(I_0) + \frac{1}{1!} \frac{df}{dI} \Big|_{I=I_0} \Delta I + \frac{1}{2!} \frac{d^2 f}{dI^2} \Big|_{I=I_0} \Delta I^2 \dots + R, \quad (8)$$

где  $I_0$  – информация, накопленная к текущему моменту.

Рассмотрим линейное приближение и предположим, что скорость изменения функции цели пропорциональна количеству наличной информации, что характерно и естественно для задачи обучения (мы тем быстрее учимся, чем мы умнее или, другими словами, чем больше мы знаем к моменту обучения, то есть чем больше количество информации уже было накоплено).

Тогда можно записать связь между информацией и значением целевой функции в виде дифференциального уравнения:

$$\frac{df}{dI} = \alpha I. \quad (9)$$

Следует отметить, что это гипотеза, но и мера Хартли основана на предположении, то есть гипотезе, что скорость изменения вероятности по информации пропорциональна текущей вероятности, что соответствует задаче обнаружения.

Решая дифференциальное уравнение (9) получаем:

$$\begin{aligned} df &= \alpha I dI; \\ \int df &= \alpha \int I dI; \\ f &= \frac{\alpha}{2} I^2 + C. \end{aligned} \quad (10)$$

Так как при отсутствии информации и выигрыш отсутствует, то начальные условия принимают вид:

$$\begin{aligned} I_0 &= 0; \\ f(I_0) &= 0. \end{aligned} \quad (11)$$

Таким образом, функция цели в задаче накопления информации, пропорциональна квадрату информации:

$$f = \frac{\alpha}{2} I^2. \quad (12)$$

Так как максимальное значение информации соответствует решению задачи (7), то есть на нем достигается экстремум функции цели, получаем граничные условия в виде:  $f(I^*) = f_m$ . Исходя из этого, определим коэффициент  $\alpha$  в выражении (12):

$$\alpha = \frac{2f_m}{I^{*2}}. \quad (13)$$

Определить  $I^*$  довольно сложно, для упрощения примем гипотезу о разумности использования носителя информации:  $I^* = I_m$ : гипотезу о том, что приемник информации разумен настолько, что может воспроизвести всё количество информации, которое есть в наличии у источника. Тогда связь между функцией цели и информацией в данной задаче принимает вид:

$$I = I_m \sqrt{\frac{f}{f_m}}. \quad (14)$$

Выражение (14) определяет норму в рассматриваемом информационном пространстве. Таким образом, информация в задаче накопления информации определяется максимальной информацией, которую содержит (или позволяет разместить) носитель, взвешенной на коэффициент полезности.

Исходя из того, что по определению информация неотрицательна и целевая функция неотрицательна, выполняются аксиомы нормы [5]:

$$\begin{aligned}
 \|I\| &= I_m \sqrt{\frac{f}{f_m}} \geq 0; \\
 \|I\| = 0 &\Leftrightarrow I = 0; \\
 \|CI\| &= I_m \sqrt{\frac{C^2 f}{f_m}} = |C| \|I\|; \\
 \|I_1 + I_2\| &\leq \|I_1\| + \|I_2\|.
 \end{aligned} \tag{15}$$

Неравенство треугольников доказано в [5]. Для определения метрики будем исходить из того, что норма – это метрика (расстояние) от нуля:  $a(I,0) = \|I\|$ , определяет норму, при сделанных нами предположениях, как достигнутое при получении сообщения значение функции цели при условии отсутствия априорной информации. Таким образом, подчеркнем, что при определении нормы не учитываются знания, полученные ранее.

Следует отметить, что в реальной ситуации существование ранее накопленной информации, то есть знаний, ограничивает значение количества получаемой информации. Следовательно, необходимо рассматривать задачу достижения условного оптимума (17). Обозначим через  $f_{x/y}$  значение функции цели в условной задаче:

$$\begin{aligned}
 I_x &\rightarrow \text{extr} f_x; \\
 I_x &\in I_d; \\
 \{I_d \mid f_y(I_d) - \beta \leq 0\}
 \end{aligned} \tag{17}$$

Исходя из этого условия, метрика в задаче накопления знаний будет определяться условным изменением целевой функции (то есть значением целевой функции  $I_x$  при условии сообщения  $y$ ):

$$a(I_x, I_y) = I_m \sqrt{\frac{f_{x/y}}{f_m}}. \tag{18}$$

Так как  $f_{x/y}$  неотрицательна, это обеспечивает выполнение аксиомы неотрицательности:

$$a(I_x, I_y) \geq 0. \tag{19}$$

Расстояние обращается в ноль тогда и только тогда, когда ограничения совпадают с целью (информация в сообщении  $x$  и информация в сообщении  $y$  совпадают) и задача вырождается, что обеспечивает выполнение аксиомы тождества:

$$a(I_x, I_y) = 0 \Leftrightarrow I_x = I_y. \tag{20}$$

Так как для выпуклых функций цели существует двойственность в прямой задаче:

$$\left. \begin{aligned}
 I_x &\rightarrow \text{extr} f_x = f^* \\
 f_y(I_x) &= C
 \end{aligned} \right\}, \tag{21}$$

и в обратной задаче:

$$\left. \begin{aligned}
 I_x &\rightarrow \text{extr} f_y = C \\
 f_x(I_x) &= f^*
 \end{aligned} \right\}. \tag{22}$$

В силу этого выполняется аксиома симметрии:

$$a(I_x, I_y) = a(I_y, I_x). \quad (23)$$

Это означает, что сообщение, переданное источником приемнику и возвращенное приемником источнику, не изменяет состояния источника, то есть имеющейся у источника информации.

Поскольку сообщения  $I_{x/y}$  и  $I_{y/z}$  имеют неотрицательные метрики, и передаваемая информация не меньше информации  $I_{x/z}$ , то выполняется неравенство треугольника:

$$a(I_x, I_z) \leq a(I_x, I_y) + a(I_y, I_z). \quad (24)$$

Таким образом, аксиомы метрики выполняются, и рассматриваемое нами информационное пространство является нормированным, метрическим пространством. При этом если  $\|I\|=0$ , то информация на данный момент является бесполезной, то есть количество информации в сообщении равно нулю. А в общем случае количество информации в сообщении лежит в пределах от нуля до максимальной информации, которую может содержать носитель или сообщение.

**Выводы.** Таким образом, проанализированы подходы к решению задачи повышения эффективности и качества обучения за счет использования информационных технологий в рамках компетентностного подхода. Сформулирована задача оптимального управления процессом накопления знаний и обоснован метод её решения с использованием энтропийных мер информации: нормы и метрики информационного пространства. Исходя из принятого представления задачи накопления информации в информационном пространстве для дальнейших исследований необходимо учитывать временные задержки, связанные с обработкой информации и определяющие инерционное поведение объекта как динамической системы, описываемой дифференциальными уравнениями.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов А. Е. Динамическая модель процесса самообучения в компьютеризированной среде / А. Е. Соколов, О. В. Соколова // Проблеми інформаційних технологій. – 2011. – № 1 (009). – С. 84–87.
2. Соколов А. Е. Информационная технология накопления знаний / А. Е. Соколов, О. В. Соколова // Молодь у світі сучасних технологій : матеріали наук.-практ.конф. (5–6 червня 2014р.). – Херсон, 2014. – С. 115–117.
3. Соколова О. В. Определение нормы в информационной технологии накопления знаний / О. В. Соколова // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – Москва, 2014. – № 7 (66). – С. 56–58.
4. Соколова О. В. Модель агента в информационной технологии накопления знаний / О. В. Соколова, А. Е. Соколов // Проблеми інформаційних технологій. – 2014. – № 1 (015). – С. 150–154.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sokolov A. E. & Sokolova O. V. (2011). Dinamicheskaya modelj processa samoobucheniya v kompjuuterizirovannoj srede. *Problemi informacijnikh tekhnologij*, 1 (009), 84–87.
2. Sokolov A. E. & Sokolova O. V. (2014). Informacionnaya tekhnologiya nakopleniya znaniyj. *Molodj u sviti suchasnikh tekhnologijj : materialy nauk.-prakt. konf., Kherson*, 115–117.

3. Sokolova O. V. (2014). Opredelenie normih v informacionnoy tekhnologii nakopleniya znaniy. *Aktualjnihe problemih gumanitarnihkh i estestvennihkh nauk, Moskva, 7 (66)*, 56–58.

4. Sokolova O. V. & Sokolov A. E. (2014). Modelj agenta v informacionnoy tekhnologii nakopleniya znaniy. *Problemi informacijnikh tekhnologiy, 1 (015)*, 150–154.

**Соколов А. Е., Соколова О. В. ПІДХОДИ ДО ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ НАВЧАННЯ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

*У статті розглянуто питання якісної професійної підготовки фахівців у галузі морських перевезень із застосуванням нових парадигм освіти, до числа яких можна віднести парадигму, засновану на компетентносному підході. Проаналізовано підходи до вирішення задачі підвищення ефективності та якості навчання за рахунок використання інформаційних технологій. Сформульовано завдання оптимального управління процесом накопичення знань і обґрунтовано метод його вирішення з використанням ентропійних мір інформації.*

**Ключові слова:** професійна підготовка фахівців у галузі морських перевезень, компетентнісний підхід, якість навчання, інформаційні технології, ентропійні міри інформації.

**Sokolov A. E., Sokolova O.V. APPROACHES TO SOLVING THE EDUCATION EFFICIENCY AND QUALITY IMPROVEMENT BASED ON USING INFORMATIONAL TECHNOLOGY**

*The article looks into the questions of high-quality sea shipping specialist preparation using the new education paradigms, including one with a competence-based approach. Approaches to solving the task of improving efficiency and quality of education via using informational technologies were analyzed. The problem of optimal management of the knowledge accumulation process is formulated, and a method of solving it through use of entropic information measures is grounded.*

**Keywords:** professional education of specialists in the sea shipping sphere, competence-based approach, education quality, informational technologies, entropic information measures.

© Соколов А. Е., Соколова О. В.

Статтю прийнято  
до редакції 11.04.16