

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 331.101.1: 004+37.04

doi: 10.30987/2658-4026-2025-4-475-485

## Переподготовка и повышение квалификации: проблематика и формализация образовательного процесса

Евгений Александрович Бурков<sup>1</sup>, Павел Иосифович Падерно<sup>2</sup>✉

<sup>1,2</sup>Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, Россия

<sup>1</sup> eaburkov@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-8788-6470>

<sup>2</sup> pipaderno@list.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9032-5084>

### Аннотация.

Рассмотрен формализованный подход к определению и описанию требований, возможностей и программ (технологий) обучения дополнительного образования (повышения квалификации, переподготовки и др.). Предложена модель изменения ключевых характеристик обучаемых в течение образовательного процесса, обеспечивающая формализованную постановку задач определения оптимальных программ (технологий) обучения небольших групп (в том числе и их формирования) с учетом различных ограничений на имеющиеся образовательные возможности. Проведенный анализ допустимых особенностей изменения характеристик различных обучаемых (претендентов) указывает на необходимость разработки специальных методик подбора как эффективной программы обучения для конкретных обучаемых (прямая задача), так и обучаемых, адекватных требованиям конкретной программы (обратная задача). Таким образом, развитие и внедрение предложенной модели и методик ее использования обеспечивает переход к строгой постановке различных задач обоснованного выбора обучающих технологий, а также подбора обучаемых (формирования групп), представленных в форме оптимизационных задач использования многомерных ресурсов при наличии ряда ограничений. Возможность формального описания образовательного процесса и постановки соответствующих задач открывает перспективу для проектирования системы информационной поддержки принятия решений при разработке и реализации различных образовательных программ для подготовки и переподготовки современных специалистов.

**Ключевые слова:** обучаемый, характеристики, специальность, программа обучения, технология обучения, траектория обучения, ресурсы, ограничения

**Для цитирования:** Бурков Е.А., Падерно П.И. Переподготовка и повышение квалификации: проблематика и формализация образовательного процесса // Эргодизайн. 2025. №4 (30). С. 475-485. <http://dx.doi.org/10.30987/2658-4026-2025-4-475-485>.

Original article

Open access article

## Retraining and Continuing Education: Problem Statement and Formalization of the Educational Process

Evgeniy A. Burkov<sup>1</sup>, Pavel I. Paderno<sup>2</sup>✉

<sup>1,2</sup>Saint Petersburg State Electrotechnical University "LETI" named after V.I. Ulyanov (Lenin), Saint Petersburg, Russia

<sup>1</sup> eaburkov@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-8788-6470>

<sup>2</sup> pipaderno@list.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9032-5084>

### Abstract.

The paper considers a formalized approach to defining and describing requirements, opportunities, and programs (technologies) for additional education (continuing professional development, retraining, etc.). The work proposes a model for changing key characteristics of learners during the educational process, providing a formalized setting for determining optimal training programs (technologies) for small groups (including their formation), taking into account various

*constraints on available educational opportunities. The analysis of permissible changes in the characteristics of different learners (applicants) indicates the necessity of developing special methods for selecting an effective training program for specific learners (forward task) and suitable learners meeting the requirements of a specific program (reverse task). Thus, developing and implementing the proposed model and methods of its use ensure a rigorous formulation of various tasks for selecting justified teaching technologies, as well as selecting learners (group formation), presented in the form of multi-dimensional resource optimization problems subject to a number of constraints. The capability of formalising the educational process and posing corresponding tasks opens up prospects for designing a decision-making information support system for planning and implementing various educational programs aimed at training and retraining contemporary specialists.*

**Keywords:** learner, characteristics, specialty, training program, teaching technology, learning trajectory, resources, constraints

**For citation:** Burkov E.A., Paderno P.I. Retraining and Continuing Education: Problem Statement and Formalization of the Educational Process. *Ergodizayn [Ergodesign]*. 2025;4(30):475-485. Doi: 10.30987/2658-4026-2025-4-475-485.

## Введение

В современных реалиях весьма востребованы и активно применяются и развиваются различные формы, программы и технологии дополнительной профессиональной подготовки (повышения квалификации, переподготовки и др.) сотрудников, уже работающих на различных должностях [1]. При этом широко используются возможности современных информационных технологий для обеспечения процесса профессиональной подготовки [2–4] – как удаленной (в том числе внутри организации), так и в рамках программ дополнительного образования при высших учебных заведениях. Например, многие ВУЗы создают собственные образовательные платформы на базе различных LMS (Learning Management System) – систем управления обучением, представляющих собой программное обеспечение для разработки, администрирования и реализации учебных курсов и программ очного, дистанционного и смешанного обучения. Смешанное обучение (Blended Learning) – это образовательный подход, который комбинирует традиционные очные занятия с онлайн-обучением, объединяя преимущества личного взаимодействия с преподавателем и плюсы цифровых технологий [5, 6]. Данный подход особенно актуален в условиях роста цифровизации образования, позволяя сделать обучение более доступным, интерактивным и результативным.

Как правило, переподготовка и повышение квалификации сотрудников крупных компаний связаны с целым рядом разнообразных проблем, которые можно систематизировать и подразделить на определенные группы:

– Организационные проблемы – обусловленные дефицитом времени на обучение и сложностью его интеграции в рабочий процесс.

– Финансовые проблемы – вызванные высокой стоимостью актуальных программ

обучения, ограниченностью бюджета на обучение персонала и риском вложить средства в сотрудника, который может найти другого работодателя с учетом открывшихся после обучения возможностей.

– Мотивационные проблемы – в частности, отсутствие у сотрудников интереса к повышению квалификации или даже их активное сопротивление необходимости еще чему-то учиться, ведь они и так уже все знают и умеют.

– Методические проблемы – несоответствие программ обучения реальным требованиям рынка труда и их быстрое устаревание, отсутствие индивидуального подхода.

– Управленческие проблемы – руководство не верит в пользу обучения, не может оценить его влияние на получаемую прибыль или полагает, что нецелесообразно жертвовать работой ради обучения.

В ряде случаев переподготовка (повышение квалификации), реализуемая силами самой организации (по результатам регулярного исследования «Талантист», опубликованном группой компаний ANCOR [7], 16 % опрошенных граждан России в 2024 году проходили обучение в компании работодателя, а 29 % – за ее пределами), не дает ожидаемого эффекта по причине постоянного отвлечения сотрудников на решение их повседневных служебных задач. Данный минус характерен также для подготовки, осуществляемой представителями сторонней организации (ВУЗа и др.) на территории клиентской организации. Указанная проблема, разумеется, лишь в малой степени распространяется на организации, реализующие подготовку на основе специально разработанных для учебных целей тренажеров [8, 9], однако такой подход весьма специфичен и дорог. Тренажеры активно применяются в различных образовательных сферах, особенно там, где требуется отработка

практических навыков, моделирование сложных или опасных ситуаций, а также снижение затрат на обучение. К ключевым областями их использования относятся: авиация и космос, железнодорожный и морской транспорт, энергетическая промышленность и инженерия, медицина.

Поэтому наиболее эффективным и доступным решением, снижающим негативное влияние отвлекающих факторов на обучаемых, можно считать проведение профессиональной подготовки на территории сторонней организации, организующей и реализующей процесс обучения.

Следует заметить, что основную цель переподготовки своих сотрудников клиентская организация как правило видит в повышении их профессиональной эффективности либо при расширении сферы их рабочей деятельности, например, при переводе сотрудника на управляющую должность, либо при сужении сферы рабочей деятельности, в частности, при специализации сотрудника в области, характеризующейся дефицитом квалифицированных специалистов и регламентированной либо соответствующими документами (ГОСТами и пр.), либо заказчиком (метрология и др.).

Отдельным важным вопросом является выбор программ (технологий) обучения [10–12]. ВУЗы, реализующие различные программы (технологии) переподготовки стараются использовать последние достижения в области информатизации педагогического процесса. При этом зачастую при постановке целей и задач дополнительной профессиональной подготовки (переподготовки) клиентская организация, во-первых, стремится минимизировать свои затраты (как финансовые, так и временные) на обучение сотрудников, во-вторых, не может четко сформулировать требования к процессу обучения и его результатам, в-третьих, нерационально подходит к формированию группы сотрудников, отправляемых на обучение. Нередко это обусловлено недостаточной компетентностью работников кадровых служб, в чьем ведении находится контроль и обеспечение повышения квалификации сотрудников, которые часто подходят к этим вопросам сугубо бюрократически, не принимая в расчет *личностные особенности* [13] сотрудников, от которых в значительной мере зависит эффективность их профессиональной деятельности. Таким образом, несмотря на то что реальным результатом обучения должна

явиться некоторая совокупность *компетенций, знаний и умений*, которые клиентская организация подспудно ожидает от своих сотрудников после прохождения подготовки, в ряде случаев во главу угла ставится номинальный результат, заключающийся в получении документов (дипломов, сертификатов и др.), которые в значительной мере повышают репутацию организации на рынке и в глазах заказчиков. Конечно, второе не исключает первое, однако, если смотреть правде в глаза, и не гарантирует.

Другая сторона проблемы состоит в том, что в ВУЗы, несмотря на выдвигаемые ими общие требования к контингенту обучаемых, массово поступают абитуриенты не в полной мере соответствующие данным требованиям, а сами ВУЗы в сложившихся условиях рыночных взаимоотношений, в рамках которых образование позиционируется как *услуга*, практически не могут позволить себе жестко отсеивать негодных поступающих на входе или исключать их в процессе обучения. Жесткая отсеивающая политика может быть реализована только глобально на уровне государства, и практически любой ВУЗ, пытающийся реализовать самостоятельно, столкнется с угрозой недофинансирования и дефицита поступающих, в частности, с риском потерять выгодных клиентов в лице крупных коммерческих и промышленных организаций, заинтересованных в повышении квалификации своих сотрудников с минимальными сложностями.

Резюмируя, одним из источников приведенных проблем в сфере профессионального образования представляется недостаточное развитие и внедрение *формализованных моделей обучения* [14, 15]. Использование подобных моделей, в том числе предлагаемой авторами в данной статье, позволило бы более эффективно контролировать процесс обучения и даже управлять им, задавая на входе определенные требования и проверяя на выходе соответствие полученных результатов этим требованиям.

#### **Определение элементов формализованной модели обучения.**

Предлагается формализованное описание процесса обучения и подготовки (переподготовки) и связанных с ним задач:

- выбор и формирование цели обучения;
- учет особенностей контингента обучаемых как в количественном, так и в качественном аспекте;

– выбор программы (технологии) обучения из имеющихся, в зависимости от состава групп, наличия и ограниченности (неограниченности) разнородных ресурсов и др.

Для описания вводимых моделей введем следующие обозначения:

–  $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_n), i = \overline{1, n}$  –

множество всех возможных (рассматриваемых) характеристик обучаемого;

–  $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik_i})$  – множество всех возможных значений  $i$ -й характеристики обучаемого;

–  $\mathbf{A} = (A_1, A_2, \dots, A_M)$  – множество обучаемых индивидуумов, где  $A_j$  –  $j$ -й обучаемый индивидуум со значениями  $(x_{j1}, x_{j1}, \dots, x_{jn})$  характеристик  $\mathbf{X}$ ;

–  $\mathbf{Y} = (Y_1, Y_2, \dots, Y_L)$  – множество возможных целей обучения (номенклатура специальностей);

–  $\mathbf{Y}_s = (Y_{s1}, Y_{s2}, \dots, Y_{sm_s})$  – выбранная цели (специальность) обучения, где  $Y_{si}$  – множество требуемых значений  $i$ -й характеристики для соответствия выбранной цели обучения;

–  $A_j \xrightarrow{Y_s} A_{js}$  – отображение (проекция) обучаемого  $A_j$  на требования цели обучения  $Y_s$ , где  $A_{js}$  – значения характеристик индивидуума  $A_j$ , соответствующих (по названиям) требованиям специальности  $Y_s$ ,

$$(\forall k \in [1, m_s] : x_{jsk} \geq x_{lsk}) \wedge (\exists k : x_{jsk} > x_{lsk}). \quad (1)$$

Если же  $\forall k \in [1, m_s] : x_{jsk} = x_{lsk}$ , т. е. претенденты  $A_{js}$  и  $A_{ls}$  одинаковы по всем рассматриваемым характеристикам, то их можно считать эквивалентными –  $A_{js} \square A_{ls}$ .

Из условия (1) вытекает транзитивность введенного отношения частичного порядка, т. е. если

$$(A_{js} \succ A_{ls}) \wedge (A_{ls} \succ A_{ks}) \Rightarrow A_{js} \succ A_{ks}.$$

Следует заметить, что отношение частичного порядка и/или эквивалентности может иметь место только в конкретный момент времени, т. е. без учета развития индивидуумов в ходе обучения. С учетом изменения отдельных характеристик во времени имеем вектор-функцию характеристик претендента

т. е.  $A_{js} = (x_{js1}, x_{js2}, \dots, x_{jsm_s})$ . При этом вектор  $A_{js} = (x_{js1}, x_{js2}, \dots, x_{jsm_s})$  полностью

соответствует вектору  $(Y_{s1}, Y_{s2}, \dots, Y_{sm_s})$  по номенклатуре характеристик (характеристики, вредные для достижения поставленной цели обучения (предполагаемой специальности), не рассматриваются).

Далее, не умаляя общности, будем полагать, что набор требований  $(Y_{s1}, Y_{s2}, \dots, Y_{sm_s})$  задает только нижние требуемые значения соответствующих характеристик т. е. вектор  $(y_{s1}, y_{s2}, \dots, y_{sm_s})$ , причем чем значение характеристики больше, тем это лучше для предполагаемой дальнейшей профессиональной деятельности обучаемого в рамках данной специальности. В противном случае можно использовать экспертов для установления порядка *лучше-хуже* по каждой из рассматриваемых характеристик.

**Задача сравнения обучаемых (претендентов на переподготовку).**

Введем отношение частичного порядка для сравнения двух претендентов в рамках выполнения требований специальности  $Y_s$  следующим образом: претендент  $A_{js}$  лучше (предпочтительнее) претендента  $A_{ls}$  ( $A_{js} \succ A_{ls}$ ), если для их характеристик, выполняется условие

$$A_{js}(t) = (x_{js1}(t), x_{js2}(t), \dots, x_{jsm_s}(t)).$$

Рассмотрим, например, два момента времени  $t_0$  и  $t > t_0$ . Если в момент времени  $t_0$  имеет место соотношение  $A_{js}(t_0) \succ A_{ls}(t_0)$ , то в момент времени  $t$  соотношение  $A_{js}(t) \succ A_{ls}(t)$  может уже и не выполняться:

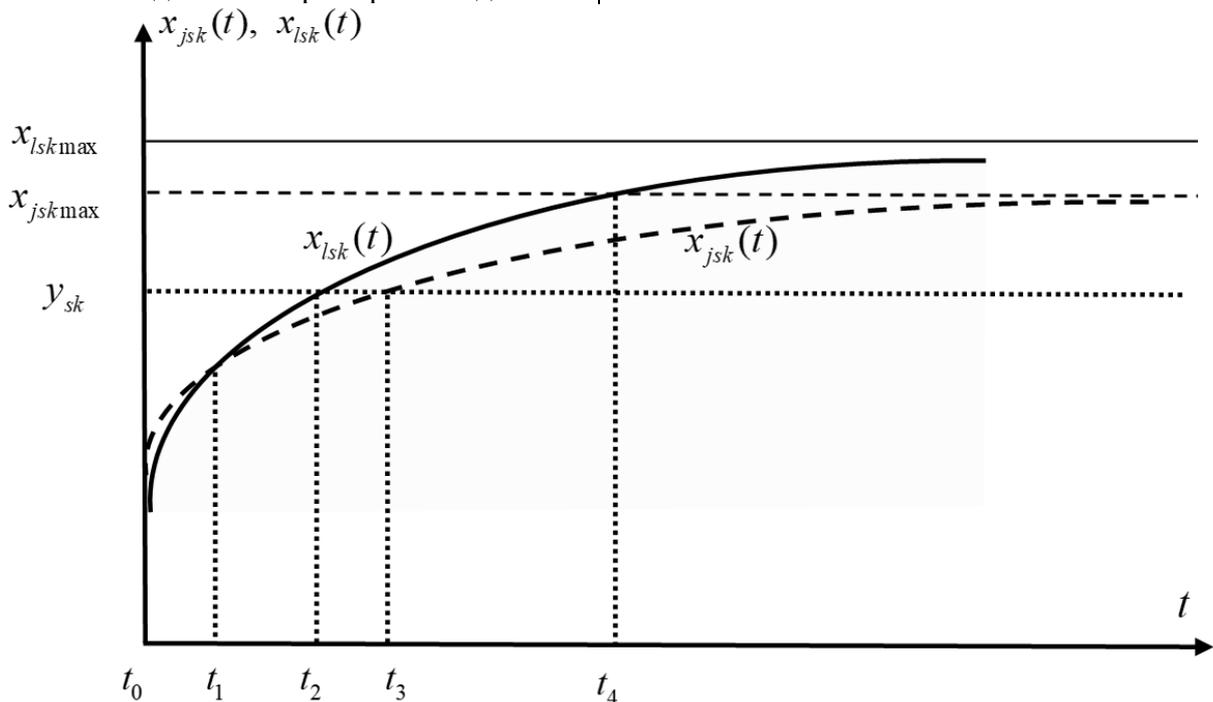
$$A_{js}(t_0) \succ A_{ls}(t_0) \not\Rightarrow A_{js}(t) \succ A_{ls}(t).$$

*Пример 1.*

На рис. 1 изображены траектории возможного изменения одной и той же характеристики  $x_{jsk}(t), x_{lsk}(t)$  у двух претендентов (обучаемых)  $A_{ls}$  и  $A_{js}$ , где  $x_{lsk}(t)$  – сплошная линия,  $x_{jsk}(t)$  – пунктирная линия.

Проведем детальный анализ изменений характеристик  $x_{jsk}(t), x_{lsk}(t)$  в процессе обучения. В качестве независимой переменной в данном примере и далее

принимается время, но вместо него может быть рассмотрен некоторый многомерный или комплексный ресурс, расходуемый в процессе обучения.



**Рис. 1. Возможные изменения некоторой характеристики разных претендентов**

**Fig. 1. Possible changes in some characteristics of different applicants**

В момент времени  $t_0$  выполняется соотношение  $x_{jsk}(t_0) > x_{lsk}(t_0)$ , т. е. претендент  $A_{js}(t_0)$  лучше (предпочтительнее) претендента  $A_{ls}(t_0)$  в момент  $t_0$  по рассматриваемой характеристике.

В момент времени  $t_1$  перестает выполняться соотношение  $x_{jsk}(t) > x_{lsk}(t)$ , так как они становятся одинаковыми и с этого момента претендент  $A_{ls}(t)$  становится предпочтительнее претендента  $A_{js}(t)$  по рассматриваемой характеристике.

В момент времени  $t_2$  анализируемая характеристика претендента  $A_{ls}(t)$  ( $x_{lsk}(t_2)$ ) уже достигает минимального значения  $y_{sk}$ , требуемого для данной специальности, т. е. с этого момента по рассматриваемой характеристике претендент  $A_{ls}(t)$  уже удовлетворяет требованиям специальности.

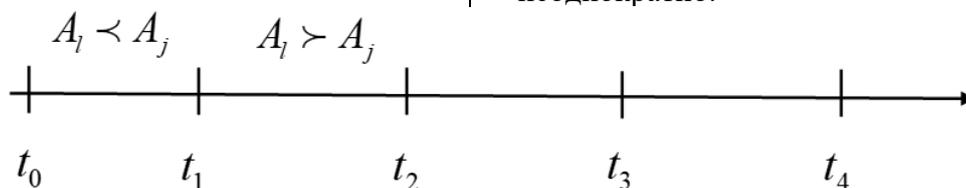
В момент времени  $t_3$  анализируемая характеристика претендента  $A_{js}(t)$  ( $x_{jsk}(t_3)$ ) также достигает минимального значения  $y_{sk}$ ,

требуемого для данной специальности, т. е. с этого момента по рассматриваемой характеристике претендент  $A_{js}$  также начинает удовлетворять требованиям специальности.

В момент времени  $t_4$  анализируемая характеристика претендента  $A_{ls}$  ( $x_{lsk}(t_4)$ ) достигает значения  $x_{jsk\max}$ , являющегося максимально возможным (в силу различных обстоятельств) для претендента  $A_{ls}$ .

Как видно из рис. 1, претендент  $A_{ls}$ , несмотря на не очень высокий уровень начального значения характеристики ( $x_{jsk}(t_0) > x_{lsk}(t_0)$ ), в процессе ее совершенствования не только догнал и опередил претендента  $A_{js}$ , но и, что немаловажно, обладает большим потенциалом для совершенствования рассматриваемой характеристики ( $x_{lsk\max} > x_{jsk\max}$ ). При этом единожды обогнав претендента  $A_{js}$  претендент  $A_{ls}$  уходит от него все дальше и дальше. Если

представить себе, что характеристика  $x_{sk}(t)$  является комплексной, то отношение предпочтительности между претендентами  $A_{ls}$  и  $A_{js}$  изменяется следующим образом (рис. 2).



**Рис. 2. Изменение отношения предпочтительности для двух претендентов для примера 1**  
**Fig. 2. Changing the preference ratio for two applicants for example 1**

*Пример 2.*

Проведем анализ изменений соотношений характеристик  $x_{jsk}(t)$ ,  $x_{lsk}(t)$  в процессе совершенствования, приведенных на рис.3.

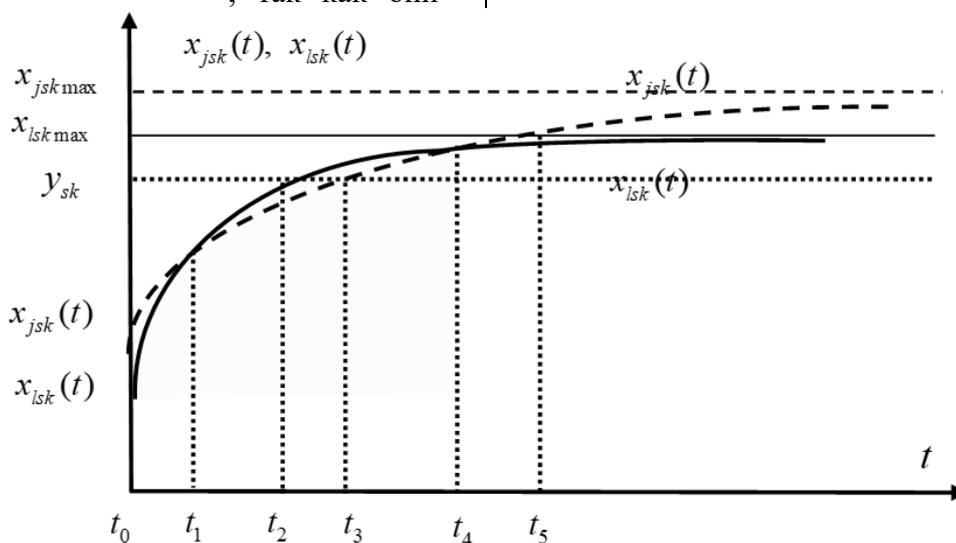
В момент времени  $t_0$  выполняется соотношение  $x_{jsk}(t_0) > x_{lsk}(t_0)$ , т. е. претендент  $A_{js}(t_0)$  предпочтительнее претендента  $A_{ls}(t_0)$  по рассматриваемой характеристике.

В момент времени  $t_1$  перестает выполняться соотношение  $x_{jsk}(t) > x_{lsk}(t)$ , так как они

Однако возможны и более сложные изменения взаимного расположения характеристик в процессе их совершенствования. Проанализируем случай, когда соотношение между рассматриваемой характеристикой двух претендентов меняется неоднократно.

становятся одинаковыми, но далее (до момента времени  $t_4$ ) по рассматриваемой характеристике претендент  $A_{ls}(t)$  становится предпочтительнее претендента  $A_{js}(t)$ .

В момент времени  $t_2$  характеристика  $x_{lsk}(t_2)$  претендента  $A_{ls}$  достигает минимального значения  $y_{sk}$ , требуемого для специальности, и с этого момента по рассматриваемой характеристике претендент  $A_{ls}$  уже удовлетворяет требованиям специальности  $s$ .



**Рис. 3. Возможные изменения второй характеристики разных претендентов**  
**Fig. 3. Possible changes in the second characteristic of different applicants**

В момент времени  $t_3$  характеристика  $x_{jsk}(t_3)$  претендента  $A_{js}$  также достигает  $y_{sk}$  и с этого момента по рассматриваемой характеристике  $A_{js}$  также начинает удовлетворять требованиям специальности.

В момент времени  $t_4$  значения анализируемой характеристики для обоих претендентов опять становятся равными

$x_{jsk}(t_4) = x_{lsk}(t_4)$  и с этого момента претендент  $A_{js}$  начинает опережать претендента  $A_{ls}$ .

В момент времени  $t_5$  характеристика  $x_{jsk}(t_5)$  претендента  $A_{js}$  достигает значения

$x_{lsk \max}$ , максимально возможного для претендента  $A_{ls}$ .

Из приведенного анализа и рис. 3 видно, что претендент  $A_{ls}$ , несмотря на не очень высокий уровень начального значения характеристики  $(x_{jsk}(t_0) > x_{lsk}(t_0))$ , в процессе ее совершенствования догнал и опередил претендента  $A_{js}$ , на небольшом интервале времени, и раньше стал соответствовать требованиям специальности (по рассматриваемой характеристике), но в дальнейшем явился бы менее предпочтительным, так как он обладает меньшим потенциалом для совершенствования рассматриваемой характеристики  $(x_{lsk \max} < x_{jsk \max})$  относительно специальности  $Y_s$ .

Приведенные примеры иллюстрирует тот факт, что по сравнению начальных значений некоторой характеристики (набора характеристик) далеко не всегда можно сделать однозначный правильный выбор в пользу того или другого конкретного претендента, так как скорость совершенствования характеристик у разных претендентов и предельно возможные значения этих характеристик могут быть различными. Это указывает на необходимость постоянной корректировки процесса обучения с учетом результатов, показываемых обучаемыми.

Таким образом, на первый план выдвигается как непосредственное изменение характеристики  $(x(t))$ , так и скорость изменения этой характеристики  $(\partial x(t)/\partial t)$ . При этом изменение (совершенствование) конкретной характеристики претендента и всего комплекса необходимых характеристик в значительной степени зависит от используемой программы (технологии) обучения (подготовки).

#### **Задача выбора программы обучения для одного обучаемого.**

Пусть определена цель обучения (специальность) и, следовательно, определен набор требований  $Y_s$ . Рассмотрим множество программ обучения  $Q = (q_1, q_1, \dots, q_v)$  и выберем из него программы (технологии)  $Q_s = (q_{s1}, q_{s2}, \dots, q_{sv_s})$ ,  $Q_s \subseteq Q$ ,  $v_s \leq v$ , которые позволяют осуществлять обучение (подготовку) по набору требований  $Y_s$ . При

этом следует принимать во внимание, что не для каждого обучаемого могут быть использованы все программы (технологии).

Для конкретного претендента  $A_{js}$  выберем из множества  $Q_s = (q_{s1}, q_{s2}, \dots, q_{sv_s})$  подходящие ему обучающие технологии  $Q_{js} = (q_{js1}, q_{js2}, \dots, q_{jsv_{js}})$ ,  $Q_{js} \subseteq Q_s$ ,  $v_{js} \leq v_s$ .

При индивидуальной переподготовке возможен один из рассмотренных следующих случаев:

*Случай 1.* Переподготовка осуществляется только до границ соответствующей области требований, т. е. как только последняя (наихудшая в смысле требований) характеристика начинает удовлетворять условиям специальности, обучение прекращается (такую подготовку можно условно назвать подготовкой до победного конца). В нашем случае это любая точка значения характеристик обучаемого, в которой характеристики удовлетворяют следующему соотношению:

$$(\forall k \in [1, m_s] : x_{jsk} \geq y_{sk}) \wedge (\exists k : x_{jsk} = y_{sk}). \quad (2)$$

Условие (2) определяет множество граничных точек  $Y_s$ .

При этом возможно использование одной из нескольких различных обучающих программ (технологий) для одного претендента и конкретной специальности (рис. 4).

*Случай 2.* Подготовка осуществляется до окончания выбранной программы (технологии) обучения. В этом случае результаты использования выбранной программы обучения могут, в зависимости от особенностей обучаемого, быть различны, в том числе и привести к неполному соответствию требований специальности (рис. 5). При этом возможно, что документальным подтверждением прохождения переподготовки или обучения является некоторое свидетельство (диплом), которое выдается несмотря на результаты, показанные обучаемым.

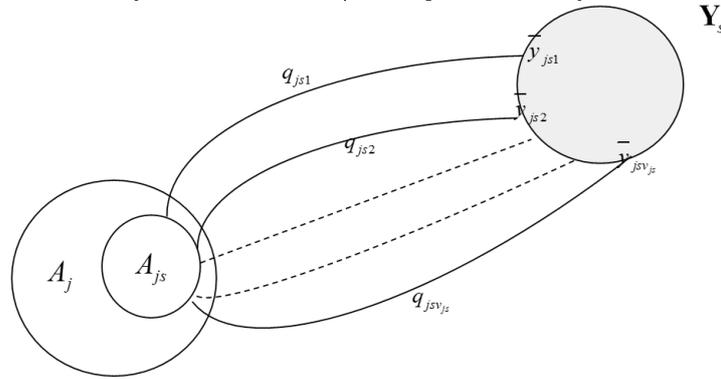
Отсутствие достижения цели обучения (неполное соответствие требованиям выбранной специальности) может иметь несколько причин:

– неправильный выбор программы (технологии) обучения;

– неправильный подбор претендента (обучаемого).

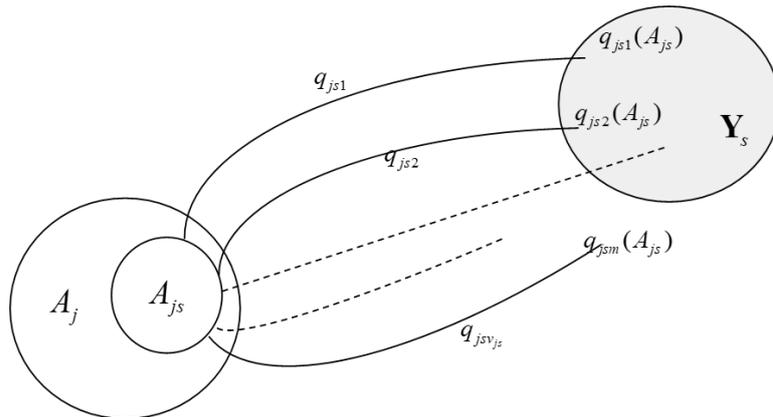
Следствием ошибок неправильного подбора (при этом возможен случай, когда неправильный подбор претендента (обучаемого), заранее обрекает все обучение на неудачу (перманентная невозможность достижения цели), несмотря на широкий спектр обучающих программ (технологий)) обучаемого и/или неправильного выбора обучающей программы могут быть значительные убытки для организации,

связанные не только с ресурсами, потраченными организацией на переподготовку своего сотрудника, но также и с дальнейшей его трудовой деятельностью, заключающейся в решении некоторого расширенного комплекса задач и предполагающей успешное освоение программы обучения. Кроме того, факт «успешной» переподготовки такого обучаемого отрицательно может сказаться на имидже проводившей переподготовку обучающей организации.



**Рис. 4. Один обучаемый и варианты обучающих программ (технологий) для первого случая**

*Fig. 4. One trainee and variants of training programs (technologies) for the first case*



**Рис. 5. Один обучаемый и варианты обучающих программ (технологий) и возможных результатов подготовки для второго случая**

*Fig. 5. One trainee and options for training programs (technologies) and possible training outcomes for the second case*

**Учет расхода ресурсов на обучение.**

При переподготовке и обучении специалистов необходимо использовать различные виды ресурсов (финансовые, технологические, человеческие, время и др.), каждая из которых, в свою очередь, состоит из более мелких (детализированных) компонент. Например, человеческие ресурсы – это не только преподаватели, но и персонал, обеспечивающий их деятельность (организаторы, системные администраторы, младший технический персонал, руководство и др.).

Введем в рассмотрение некоторый вектор ресурсов  $\bar{R} = (r_1, r_2, \dots, r_l)$ , где  $l$  – количество видов всевозможных различных ресурсов.

Использование любой обучающей технологии для переподготовки специалиста требует определенного расхода ресурсов, т. е. обучающая технология

$q_{jskl}(r)$ ,  $k = 1, 2, \dots, v_{js}$ , может быть охарактеризована некоторым вектором  $\bar{r}_{jsk} = (r_{jsk1}, r_{jsk2}, \dots, r_{jskl})$ .

Вектор  $\bar{r}_{jsk}$  является некоторой характеристикой необходимого обеспечения обучающей технологии, используемой для

совершенствования претендента  $A_j$  до соответствия требованиям специальности  $Y_s$ .

Ввиду того, что потребность в отдельных видах ресурсов на разных этапах подготовки обучаемого может быть различной, более сложная модель предполагает, что компоненты вектора ресурсов могут также зависеть от времени:

$$\bar{r}_{j sk}(t) = (r_{j sk1}(t), r_{j sk2}(t), \dots, r_{j skl}(t))$$

Для сравнения различных обучающих технологий по используемым ресурсам можно использовать как все отдельные виды ресурсов, так и обобщенные ресурсные

характеристики  $V(\bar{r}_{j sk})$ , обязательно учитывающие важность отдельных ресурсов.

На основании таких сравнений можно сформулировать комплекс задач, решение которых направлено на обоснование подходов к выбору обучающей технологии. При использовании ресурсного подхода к выбору программ (технологий) обучения следует учитывать, как возможные ошибки организации при выделении сотрудников для прохождения обучения, так и *совместимость* выделенных сотрудников с различными программами (технологиями) обучения.

#### **Полученные результаты и их возможное применение.**

Предложенная формализация процесса обучения и подхода к решению задачи обоснованного выбора программы

(технологии) подготовки в различных условиях, а также приведенные примеры являются предпосылками для создания базисной модели, дающей возможность последующей корректной формулировки различных постановок задач определения оптимальных технологий подготовки (обучения) небольших групп (в том числе и задач их формирования) с учетом различных видов ограничений на существующие возможности (ресурсы).

Разработка и развитие предложенного класса подходов, а также комплекса методов, процедур и соответствующих алгоритмов, позволяющих корректно реализовывать определение оптимальной обучающей технологии, могут явиться основой для создания системы интеллектуальной поддержки принятия решения на различных этапах планирования и организации подготовки (переподготовки) различных групп и категорий обучаемых.

В настоящий момент авторами планируется разработка ряда подходов, как основанных на процедурах принятия решения об окончательном выборе единой технологии из имеющихся, т. е. учитывающих некоторую качественную составляющую результатов подготовки (обучения), так и основанных на формулировке и решении комплекса задач многокритериальной оптимизации с ограничениями.

#### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Шиков А.Н., Никитина Л.Н., Баканова А. и др. Концепция персонализированного корпоративного электронного обучения и развития на основе компетенций и индивидуальных предпочтений сотрудников // Креативная экономика. 2018. Т. 12, № 7. С. 995-1004. DOI 10.18334/ce.12.7.39229. EDN XULAKL.
2. Eom S.B., Ashill N.J. A system's view of e-learning success model. Decision Sciences Journal of Innovative Education. 2018;16(1): 42-76. DOI 10.1111/dsj.12144.
3. Kuleto V., Ilic V.P., Dumangiu M.A., Rancovic M., Martins O.M.D., Pain D. et al. Exploring opportunities and challenges of artificial intelligence and machine learning in higher education institutions. Sustainability. 2021;13(18):10424-10439. DOI 10.3390/su131810424.
4. Sposato M. Artificial intelligence in educational leadership: a comprehensive taxonomy and future directions. International Journal of Educational Technology in Higher Education. 2025;22(1):1-20. DOI 10.1186/s41239-025-00517-1.
5. Kintu M.J., Zhu C., Kagambe E. Blended learning effectiveness: the relationship between student characteristics, design features and outcomes. International Journal of Educational Technology in Higher Education. 2017;14(1):1-20. DOI 10.1186/s41239-017-0043-4.
6. Dziuban C., Graham C.R., Moskal P.D. et al. Blended learning: the new normal and emerging technologies. International Journal of Educational

#### **REFERENCES**

1. Shikov A.N., Nikitina L.N., Bakanova A, et al. The Concept of Personalised Corporate E-Training and Development Based on Competencies and Individual Preferences of Employees. Creative Economy. 2018;12(7):995-1004. DOI 10.18334/ce.12.7.39229.
2. Eom S.B., Ashill N.J. A system's View of E-Learning Success Model. Decision Sciences Journal of Innovative Education. 2018;16(1): 42-76. DOI 10.1111/dsj.12144.
3. Kuleto V., Ilic V.P., Dumangiu M.A., Rancovic M., Martins O.M.D., Pain D. et al. Exploring Opportunities and Challenges of Artificial Intelligence and Machine Learning in Higher Education Institutions. Sustainability. 2021;13(18):10424-10439. DOI 10.3390/su131810424.
4. Sposato M. Artificial Intelligence in Educational Leadership: A Comprehensive Taxonomy and Future Directions. International Journal of Educational Technology in Higher Education. 2025;22(1):1-20. DOI 10.1186/s41239-025-00517-1.
5. Kintu M.J., Zhu C., Kagambe E. Blended Learning Effectiveness: the Relationship Between Student Characteristics, Design Features and Outcomes. International Journal of Educational Technology in Higher Education. 2017;14(1):1-20. DOI 10.1186/s41239-017-0043-4.
6. Dziuban C, Graham C.R., Moskal P.D., et al. Blended Learning: The New Normal and Emerging Technologies. International Journal of Educational Technology in Higher

Technology in Higher Education. 2018;15(3):1-20. DOI 10.1186/s41239-017-0087-5.

7. «Талантист» – результаты исследования восприятия бренда работодателя. URL: [https://ancor.ru/upload/research/The\\_talentist\\_presentation\\_RU-final%20\(1\).pdf](https://ancor.ru/upload/research/The_talentist_presentation_RU-final%20(1).pdf) (дата обращения 26.05.2025).

8. Печников А.Н., Печникова Л.Г., Шиков А.Н. О формах и форматах обучения специалистов военно-морского флота // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2024. № 1(29). С. 374-383. EDN NNQCAR.

9. Кобзев В.В., Шилов К.Ю. Методы создания технических средств обучения корабельных операторов. СПб: Наука, 2005. 263 с. ISBN 5-02-025105-4.

10. Печников А.Н., Шиков А.Н. Проектирование и применение компьютерных технологий обучения: Монография. СПб.: Изд-во ВВМ, 2014. 393с. ISBN 5-87-499-038-0.

11. Печников А.Н., Аванесова Т.П., Шиков А.Н. Альтернативные подходы к проектированию и внедрению компьютерных технологий обучения // Образовательные технологии и общество. 2013. Т. 16, № 2. С. 433-446. EDN PZVVDJ.

12. Müller F.A., Wulf T. Technology-supported management education: a systematic review of antecedents of learning effectiveness. International Journal of Educational Technology in Higher Education. 2020;17(47):1-33. DOI 10.1186/s41239-020-00226-x.

13. Котова Е.Е. Методика улучшения подготовки специалистов на основе учета их индивидуальных особенностей // Биотехносфера. 2015. № 2(38). С. 45-51. EDN TVPYXR.

14. Бурков Е.А., Лысенко Н.В., Падерно П.И. Анализ профпригодности и оценка затрат на адаптацию к профессиональным требованиям // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2022. № 5/6. С. 57-70. DOI 10.32603/2071-8985-2022-15-5/6-57-70. EDN OWKGSV.

15. Бурков Е.А., Падерно П.И. Отбор претендентов в условиях минимизации затрат на адаптацию к профессиональным требованиям // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2022. № 8. С. 25-34. DOI 10.32603/2071-8985-2022-15-8-25-34. EDN RUMOJD.

#### Информация об авторах:

**Евгений Александрович Бурков** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных систем и кафедры алгоритмической математики Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина). Международные идентификационные номера автора: Scopus-Author ID 57195321650, Author-ID-РИНЦ 542420.

**Павел Иосифович Падерно** – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, Лауреат премии Правительства РФ в области образования, профессор кафедры информационных систем Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина). Международные идентификационные номера автора: Scopus-Author ID 57128607900, Author-ID-РИНЦ 403133.

Education. 2018;15(3):1-20. DOI 10.1186/s41239-017-0087-5.

7. “Talantist”: Employer Brand Perception Survey Results [Internet] [cited 2025 May 26]. Available from: [https://ancor.ru/upload/research/The\\_talentist\\_presentation\\_RU-final%20\(1\).pdf](https://ancor.ru/upload/research/The_talentist_presentation_RU-final%20(1).pdf).

8. Pechnikov A.N., Pechnikova L.G., Shikov A.N. On the Forms and Formats of Training for Navy Specialists. Current Issues of Military Scientific Research. 2024;1(29):374-383.

9. Kobzev V.V., Shilov K.Yu. Methods of Creating Technical Means for Training Ship Operators. Saint Petersburg: Nauka; 2005. 263 p.

10. Pechnikov A.N., Shikov A.N. The Design and Use of E-Learning. Saint Petersburg: BBM; 2014. 393 p.

11. Pechnikov A.N., Avanesova T.P., Shikov A.N. Alternative Approaches to the Design and Implementation of Computer Learning Technologies. Educational Technologies and Society. 2013;16(2):433-446.

12. Müller F.A., Wulf T. Technology-Supported Management Education: A Systematic Review of Antecedents of Learning Effectiveness. International Journal of Educational Technology in Higher Education. 2020;17(47):1-33. DOI 10.1186/s41239-020-00226-x.

13. Kotova E.E. Technique of Specialists Training Improvement on the Basis of the Individual Characteristics. Biotechnosfera. 2015;(2)(38):45-51.

14. Burkov E.A., Lyssenko N.V., Paderno P.I. Analysis of Professional Suitability and Assessment of Costs for Adaptation to Professional Requirements. LETI Transactions on Electrical Engineering & Computer Science. 2022;(5/6):57-70. DOI 10.32603/2071-8985-2022-15-5/6-57-70.

15. Burkov E.A., Paderno P.I. Selection of Applicants in Conditions of Minimizing the Costs for Adaptation to Professional Requirements. LETI Transactions on Electrical Engineering & Computer Science. 2022;(8):25-34. DOI 10.32603/2071-8985-2022-15-8-25-34.

#### Information about the authors:

**Evgeny Aleksandrovich Burkov** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Departments of Information Systems and Algorithmic Mathematics of Saint Petersburg State Electrotechnical University “LETI” named after V.I. Ulyanov (Lenin), the author’s international identifiers: Scopus-Author ID: 57195321650, Author-ID-RSCI: 542420.

**Paderno Pavel Iosifovich** – Doctor of Engineering, Professor, Honoured Worker of Science of the Russian Federation, Laureate of the RF Government Prize in Education, Professor at the Department of Information Systems of Saint Petersburg State Electrotechnical University “LETI” named after V.I. Ulyanov (Lenin); the author’s international identifiers: Scopus-Author ID: 57128607900, Author-ID-RSCI: 403133.

**Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.**

**Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.**

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**The authors declare no conflicts of interests.**

**Статья поступила в редакцию 15.10.2025; одобрена после рецензирования 11.11.2025; принята к публикации**

12.11.2025. Рецензент –Чунтул А.В., доктор медицинских наук, профессор, член редакционного совета журнала «Эргодизайн»

The paper was submitted for publication on the 15<sup>th</sup> of October 2025; approved after the peer review on the 11<sup>th</sup> of November 2025; accepted for publication on the 12<sup>th</sup> of November 2025. Reviewer – Chuntul A.V., Doctor of Medicine, Professor, Member of the Editorial Board of the journal “Ergodesign”

### ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

#### Образец ссылок на электронные источники в журнале «Эргодизайн»

Сверточные	нейронные	сети.	Викиконспекты	ИТМО.	U
RL: <a href="https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Сверточные_нейронные_сети">https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Сверточные_нейронные_сети</a> (дата обращения:16.01.2024).					
Рекуррентные	нейронные	сети.	Викиконспекты	ИТМО.	U
RL: <a href="https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Рекуррентные_нейронные_сети">https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Рекуррентные_нейронные_сети</a> дата обращения:18.02.2024).					
Долгая	краткосрочная	память.	Викиконспекты	ИТМО.	U
RL: <a href="https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Долгая_краткосрочная_память">https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Долгая_краткосрочная_память</a> дата обращения:23.02.2024).					