

Метод управления процессом обучения промышленному программированию на основе алгоритмов роевого интеллекта¹

В. В. Борисов*, С. П. Янукович**, К. В. Захарченко***,
Ю. В. Вайнилович***

*Филиал Национального исследовательского университета
«Московский энергетический институт» в г. Смоленске
214013, Смоленск, Энергетический пр., 1

**Открытое акционерное общество «Могилевское агентство регионального развития»
212017, Республика Беларусь, Могилев, б-р Юбилейный, 21

***Белорусско-Российский университет
212030, Республика Беларусь, Могилев, проспект Мира, 43

e-mail: syanukovich@mail.ru

Аннотация. В статье предложен новый метод управления процессом обучения промышленному программированию. Предложенный метод отличается от существующих комплексным подходом к управлению процессом обучения от выбора технологии для изучения с учетом спроса IT-компаний до решения задачи учебного проекта в составе команды. Для построения траектории подготовки предложено использовать алгоритмы роевого интеллекта пчел и муравьиной колонии.

Ключевые слова: управление подготовкой, промышленное программирование, алгоритмы роевого интеллекта, формирование команд разработчиков.

1. Введение

В настоящее время IT-компании Республики Беларусь и Российской Федерации испытывают острую потребность в высококвалифицированных кадрах. Высокая скорость изменения технологий, разрыв между классическим обучением и бизнесом делают образование IT-специалистов непрерывным процессом, который сопровождает их всю профессиональную деятельность. [1–3]. В сети Интернет существует большое количество ресурсов, позволяющих дистанционно осваивать современные технологии промышленного программирования. При этом существующие методы управления не позволяют эффективно организовать процесс обучения, обеспечив постоянно изменяющуюся потребность IT-компаний в кадрах, квалификация которых будет соответствовать потребностям заказчиков.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-29-03088_мк.

Применение разработанного метода предполагает, что обучающийся имеет навыки использования современных программных средств, знает основы алгоритмизации и программирования, выбрал для себя направление подготовки в сфере информационных технологий.

Отличительной особенностью предложенного в статье метода управления процессом обучения промышленному программированию является применение общей теории управления образовательными системами [4, 5] в сочетании с алгоритмами роения пчел и муравьиной колонии [6] для рационального выбора каждого шага обучения. Предложенный метод обеспечивает построение оптимальной траектории обучения: обучающиеся формируют последовательность прохождения курсов, обеспечивающую максимально быстрое и эффективное обучение промышленному программированию. При этом происходит естественный отбор интернет-ресурсов и курсов, в результате которого лучшие и перспективные курсы пользуются спросом обучающихся и позволят сформировать траектории обучения соответствующим технологиям. Неперспективные и устаревающие курсы постепенно исключаются из траекторий подготовки.

Для повышения эффективности применения предлагаемого метода управления подготовкой IT-специалистов разработано программное обеспечение, содержащее следующие модули: модуль информационного управления обучением промышленному программированию, предназначенный для реализации возможности создания курсов и контроля решения задач учебных проектов; математический модуль, в котором реализованы алгоритмы роевого интеллекта для оптимизации построения траекторий подготовки; модуль анализа личностных и психологических качеств (далее — ЛПК) обучающихся, использующийся для формирования команд учебных IT-проектов. Эффективность обучения с использованием разработанного метода обеспечивается путем динамического подбора (корректировки) рациональных значений параметров алгоритмов роевого интеллекта в процессе обучения.

2. Общее описание метода

Повышение эффективности управления обучением промышленному программированию основывается на комплексном подходе к подготовке IT-специалистов, с использованием метода проектного обучения [7], учета индивидуальных особенностей личности и использованием компьютерных тренингов для развития психологических качеств, необходимых разработчикам программного обеспечения. Методы, применяемые на данном этапе подготовки IT-специалистов, следующие: метод проектного управления в области информационных технологий [8]; метод статистической обработки данных; методики оценки психологических качеств, необходимых разработчикам программного обеспечения [9–11]. Структурная схема мето-

да управления процессом обучения промышленному программированию представ-
лена на рис. 1.

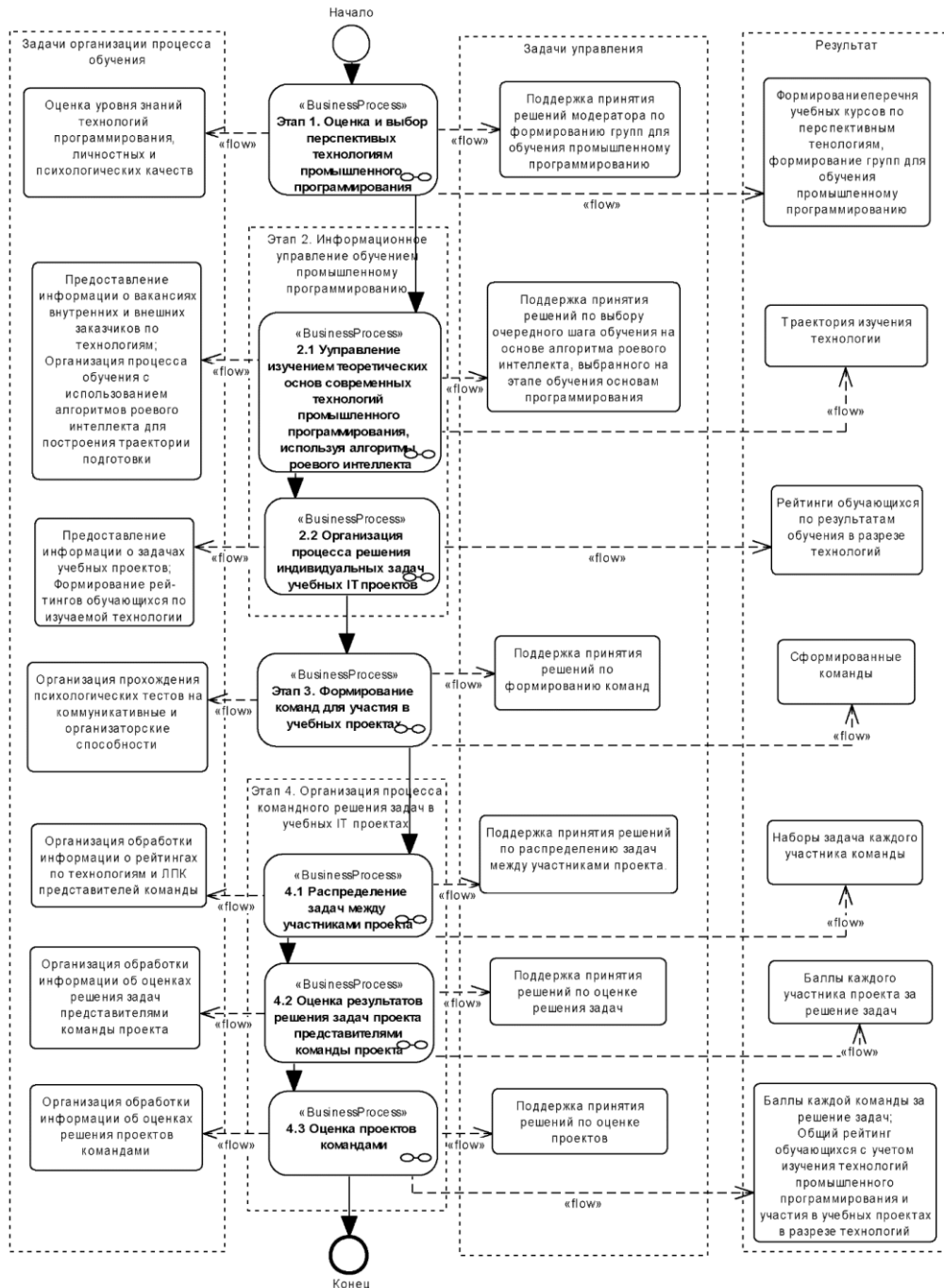


Рисунок 1. Структурная схема метода управления процессом обучения промышленному программированию

Во время обучения промышленному программированию обучающимся предоставляется информация о технологиях, которые можно изучать, и перечень интернет-ресурсов, которые можно использовать для изучения каждой технологии. Рациональный выбор технологии, интернет-ресурсов и траектории подготовки обучающегося осуществляется на основе алгоритмов роевого интеллекта. Для освоения новых технологий используется алгоритм роения пчел, для освоения наиболее популярных технологий — алгоритм муравьиной колонии. Для обучения выбранной технологии промышленного программирования аналогичным образом происходит подбор интернет-ресурсов с использованием алгоритмов роевого интеллекта. Результаты каждого обучающегося по изучаемой технологии могут влиять на траекторию подготовки всех обучаемых, изучающих данную технологию.

2.1. Оценка и выбор перспективных технологий промышленного программирования

Цель обучения промышленному программированию — подготовка IT-специалистов, владеющих современными технологиями промышленного программирования с опытом решения задач в учебных проектах.

Принятие решения по выбору технологии промышленного программирования обучающимся производится на основании следующей информации:

$$Tech = \langle EVTech, IVTech, KSTTech, SSTTech, ResTTech, AlgRITech \rangle,$$

где *EVSTech* — вакансии специалистов по данной технологии на рынке труда; *IVTech* — внутренний спрос на специалистов по данной технологии в учебных проектах; *KSTTech* — количество обучающихся, изучающих в данный момент времени технологию; *SSTTech* — траектория подготовки обучающихся, изучающих данную технологию; *ResTTech* — результаты прохождения теста по выбранной технологии; *AlgRITech* — алгоритм построения траектории подготовки обучающихся, изучающих данную технологию.

2.2.1. Управление изучением теоретических основ современных технологий промышленного программирования, используя алгоритмы роевого интеллекта

Управление процессом обучения технологиям промышленного программирования на основе алгоритма роя пчел ориентировано на построение пути для обучающихся, которые осваивают новые курсы и технологии программирования. Математическая модель используется для управления построением пути подготовки IT-специалистов, имеющих желание и склонность к освоению новых технологий и креативное мышление.

В соответствии с алгоритмом роя пчел первыми новые технологии осваивают обучающиеся, имеющие наиболее высокий рейтинг по уровню знаний технологий программирования. Данная категория обучающихся воспроизводит поведение пчел-разведчиков.

Применительно к задаче управления процессом обучения промышленному программированию этапы алгоритма роя пчел реализуются в следующей форме. Начальными параметрами алгоритма для поиска являются:

- максимальный размер окрестности для поиска курсов λ_{max} ;
- количество пчел-агентов N , соответствующее количеству обучаемых, прошедших тест на уровень развития логического мышления и психологические тесты;
- количество пчел-разведчиков n_b , соответствующее количеству обучаемых, первыми осваивающих новые курсы;
- количество пчел-фуражистов n_g , соответствующее количеству обучаемых, которые распределяются по курсам пропорционально среднему баллу тестов обучающихся, первыми освоивших новые курсы;
- количество итераций L соответствует количеству уровней подготовки специалистов по данному направлению.

Для перехода к формальному описанию алгоритма поле с цветами представляется как набор наиболее известных курсов в сети Интернет по выбранной технологии промышленного программирования. Основными параметрами целевой функции являются время прохождения курсов — t_k и набранные баллы за курс — b_k :

$$\varphi(t_k, b_k) = \sum_j \left(\sum_i \frac{t_{kij}}{\max(t_{kij})} + \sum_i \frac{b_{kij}}{\max(b_{kij})} \right),$$

где t_{kij} — время прохождения i -м обучающимся курса j ; b_{kij} — баллы, набранные i -м обучающимся во время прохождения курса j .

Схема управления процессом обучения технологиям промышленного программирования на основе алгоритма роя пчел представлена на рис. 2.

На каждом шаге из всех курсов выбирается n_b лучших, имеющих максимальное среднее значение целевой функции. Среди прочих выбирается n_g перспективных курсов. На следующем шаге алгоритма на каждый из выбранных курсов направляется количество обучающихся, пропорционально значению целевой функции данного курса. Обучающиеся, закончившие лучше всех предыдущий курс в количестве n_s , направляются в качестве пчел-разведчиков на изучение новых курсов. Работа завершается после прохождения курса по выбранному направлению.

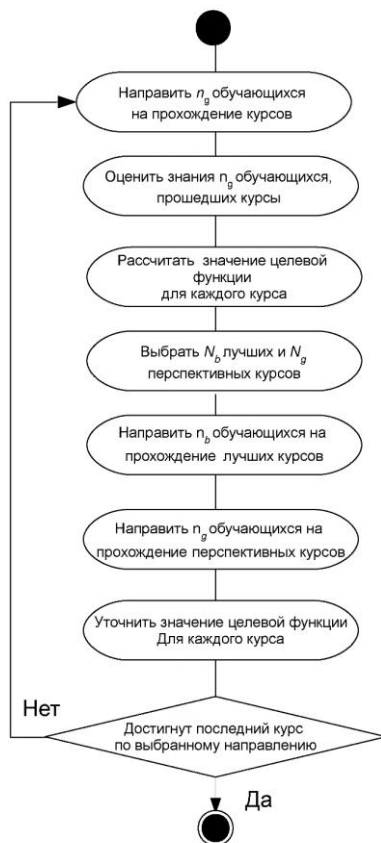


Рисунок 2. Схема процесса управления обучением технологиям промышленного программирования на основе алгоритма роя пчел

Управление процессом обучения технологиям промышленного программирования на основе алгоритма колонии муравьев ориентировано на построение пути для обучающихся, которые осваивают курсы и технологии программирования, ранее изученные другими обучаемыми. Математическая модель используется для управления построением траектории подготовки IT-специалистов, имеющих желание и склонность к освоению популярных информационных технологий и стереотипное мышление.

В соответствии с алгоритмом колонии муравьев каждый обучающийся последовательно выбирает курсы для изучения. По итогам изучения курсов обучающиеся, прошедшие курс, выполняют тестовые задания. Последовательность прохождения курсов обучающимися запоминается и сохраняется. Чем выше разность среднего балла обучающихся за тестовые задания по итогам изучения текущего и предыдущего курса, тем большее желание направиться по данному пути возникнет

у других обучающихся. Путь обучающихся, закончивших изучение всех курсов по выбранной технологии промышленного программирования за наименьшее время, быстро становится самым заметным. Он привлекает большее число обучающихся. Менее используемые пути постепенно пропадают.

Таким образом, процесс управления обучением технологиям промышленного программирования на основе алгоритма колонии муравьев сводится к многократному обходу некоторого графа, веса дуг которого динамически изменяются в зависимости от количества обучающихся, прошедших по выбранному пути, и результатов выполнения тестовых заданий по итогам прохождения курсов.

Построение пути начинается с решения, полученного ранее на основе алгоритма роя пчел. Вектором варьируемых параметров в алгоритме муравьиной колонии является последовательность прохождения курсов, оптимальную из которых нужно найти.

Параметрами алгоритма процесса управления подготовкой IT-специалистов на основе алгоритма колонии муравьев являются:

- множество обучающихся $S = \{s_i\}, i = \overline{1, |S|}$;
- на j -й итерации i -й обучающийся характеризуется состоянием $s_{ij} = \{X_{ij}, T_{ij}\}$, где $X_{ij} = \{x_{ij}\}$ — вектор варьируемых параметров (последовательность узлов графа); $T_{ij} = \{t_{ij}\}$ — вектор булевых переменных, показывающих возможность перехода между курсами;
- граф $M = \{F, R\}$ — граф, каждая дуга которого имеет два веса. В случае подготовки IT-специалистов граф M можно представить в виде двух графов с одинаковыми структурами, но разными весами [12]:

$$F = \begin{pmatrix} \tau_{11} & \dots & \tau_{1l} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tau_{l1} & \dots & \tau_{ll} \end{pmatrix}, \quad R = \begin{pmatrix} r_{11} & \dots & r_{1l} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{l1} & \dots & r_{ll} \end{pmatrix},$$

где τ_{k_1, k_2} — разность между средним баллом за прохождение текущего и предыдущего курса; r_{k_1, k_2} — средняя скорость прохождения текущего курса.

Процесс подготовки IT-специалистов на основе алгоритма колонии муравьев включает следующие основные шаги.

Шаг 1. Выбор начального курса для изучения. Каждый обучающийся, просматривая рейтинги курсов, полученных на основе алгоритмов роя пчел, а также пути перемещения других обучающихся по курсам, выбирает начальный курс обучения. Если i -й обучающийся выбрал k -й курс, то $x_{i1} = k$, $t_{ik} = 1$. Вес каждой дуги

изначально устанавливается равным сумме нормированных средних значений τ_{k_1, k_2} и r_{k_1, k_2} , полученных в процессе работы алгоритма роя пчел.

Шаг 2. Изменение веса дуги между вершинами k_1 и k_2 τ_{k_1, k_2} , $k_1 = \overline{1, l}$, $k_2 = \overline{1, l}$ [12]

$$\Delta\tau_{ij}^{k_1, k_2} = \begin{cases} 1, & \text{если обучающийся проходит курс;} \\ 0, & \text{если обучающийся не проходит курс.} \end{cases}$$

Пересчет весов дуг на всем графе с учетом сокращения с течением времени вероятности выбора перехода (испарение феромона):

$$\Theta = \rho\tau_{ij}^{k_1, k_2} + \Delta\tau_{ij}^{k_1, k_2},$$

где ρ — скорость испарения феромона, которая зависит от спроса на данных специалистов заказчиком: $\rho = Q_{car} / Q_{max}$, где Q_{car} — текущий запрос на специалистов; Q_{max} — максимальный запрос на данных специалистов.

Шаг 3. После прохождения курса и тестов обучающийся выбирает, к изучению какого курса перейти. Обучающемуся предоставляется информация о весах дуг от выбранного курса к другим курсам, отсортированных по убыванию весов переходов. После перемещения новый узел добавляется в маршрут обучающегося.

Шаг 4. Если все курсы пройдены, маршрут завершается. В противном случае происходит переход к шагу 2.

Схема процесса управления обучением технологиям промышленного программирования на основе алгоритма колонии муравьев представлена на рис. 3.

Оценка результатов обучения производится на основе результатов итогового теста по технологии. По результатам итогового теста определяется готовность обучающегося решать задачи учебного проекта с применением выбранной технологии программирования.

2.2.2. Организация процесса решения индивидуальных задач учебных ИТ-проектов

После успешного прохождения теста по выбранной технологии обучающийся может приступать к решению задач учебного проекта с использованием изученной технологии.

На данном шаге заказчики кадров и модератор создают задачи учебных проектов, которые решают обучающиеся. Для стимулирования изучения новых технологий, при их появлении, автор проекта добавляет в проект новые задачи, требующие знания этих технологий.

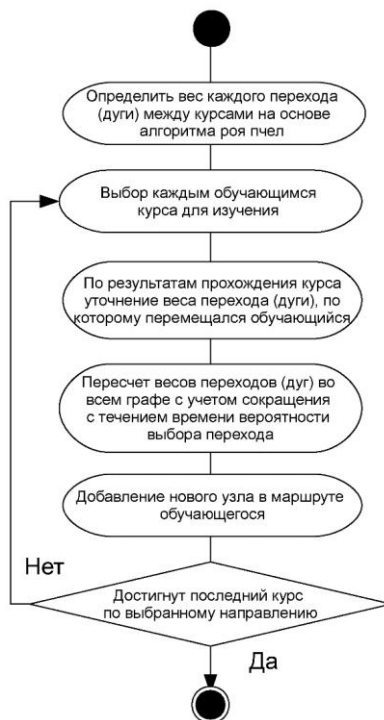


Рисунок 3. Схема процесса управления обучением технологиям промышленного программирования на основе алгоритма колонии муравьев

Оценка решения задач осуществляется при непосредственном участии обучающихся, изучающих данную технологию. На основании результатов теста, решения учебных задач, в том числе в учебных проектах, для каждого обучающегося определяется его рейтинг по соответствующей технологии и общий рейтинг. На основании результатов теста, нерешенных задач и задач, на решение которых понадобилось много попыток, определяются проблемы обучающегося по данной технологии.

2.3. Формирование команд для участия в учебных проектах

На основании имеющихся результатов прохождения психологических тестов на совместимость, коммуникативные качества, лидерство осуществляется информационное управление формированием команд и распределением ролей в команде.

Процесс управления формированием команд для совместной работы в учебных проектах характеризуется следующим набором:

$$PROM_{KOM} = \langle TPS_{kom}, TPS_{ORG}, TTech_{PROM}, RPP_{Tech}, LKP, AlgS_{LKP}, AlgK_{PROM} \rangle,$$

где TPS_{kom} — результаты тестов на коммуникативные способности; TPS_{ORG} — результаты тестов на организаторские способности; $TTech_{PROM}$ — результаты прохождения теоретических тестов обучающегося по технологиям, используемым в проекте; RPP_{Tech} — результаты решения задач обучающимся по технологиям, используемым в проекте; LKP — лидеры команд, отбор которых осуществляется по следующему алгоритму:

$$Alg_{LPK}: \sum_i TPS_{kom} + \sum_i TRS_{ORG} \rightarrow \max,$$

где $Alg_{K_{PROM}}$ — алгоритм формирования проектных команд.

Для участия в проектах команды формируются или самостоятельно, с учетом сложившегося опыта взаимодействия, или на основе совместимости ЛПК в соответствии с результатами тестирования.

Информационное управление работой команды над задачами в учебном проекте осуществляется путем формирования рациональной стратегии решения задач на основе алгоритма косяка рыб. Оценка отдельных этапов и проекта в целом осуществляется командами, выполняющими другие проекты.

2.4. Организация процесса командного решения задач в учебных ИТ-проектах

Реализация учебного проекта командой осуществляется под руководством лидера команды с участием автора проекта. Автор учебного проекта определяет перечень задач в проекте и устанавливает сроки их выполнения. Проект выполняет одновременно несколько команд. В процессе выполнения проекта командам предлагается прохождение компьютерных тренингов по развитию коммуникативных способностей и сплочению команды.

Лидер команды на основании информации о рейтингах участников по технологиям, а также психологических особенностях участников группы распределяет задачи между участниками группы учебного проекта. Процесс распределения задач между участниками учебного проекта можно представить следующим набором:

$$PRP_{ST} = \langle Ppr, STpr, Wpr \rangle,$$

где Ppr — множество проектных задач:

$$Ppr = \langle DP_{pr}, UTech_{pr} \rangle,$$

где DP_{pr} — уровень сложности задачи; $UTech_{pr}$ — требования к уровню знания технологий для решения задач; $STpr$ — множество участников проекта:

$$STpr = \langle Tech_{ST}, UT_{ST} \rangle,$$

где $Tech_{ST}$ — технологии, которыми владеет студент; UT_{ST} — уровень знаний каждой технологии; $Wpr = \|wpr_{ij}\|$ — матрица распределения участников проекта по задачам (i — номер участника проекта, j — номер задачи проекта):

$$wpr_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й участник проекта назначен на } j\text{-ю задачу,} \\ 0, & \text{если } i\text{-й участник проекта не назначен на } j\text{-ю задачу.} \end{cases}$$

При этом: $\forall wpr_{ij} = 1: UTech_{pr,i} < UTst_j$.

Команда отмечает в проекте реализацию каждой задачи. Информирование о приближении срока сдачи отдельных задач проекта, качестве реализации задач участниками группы может осуществляться в мессенджерах или по электронной почте. Процесс решения задач в проектах $PPpr$ характеризуется следующим набором:

$$PPpr = \langle MV_{PR}, S_{PR}, AlgP_{PR} \rangle,$$

где MV_{SP} — средняя скорость решения задач в проекте; S_{PR} — траектория решения задач проекта, которая характеризуется графом $G_{PR} = \{T_{PR}, B_{PR}\}$, где $t_{PR_{ij}}$ — время решения i -ой задачи проекта после j -й; $b_{PR_{ij}}$ — результаты в баллах решения i -й задачи после j -й. Граф G_{PR} можно представить двумя матрицами с одинаковой структурой, но разными весами:

$$T_{PR} = \begin{pmatrix} 0 & t_{PR_{1j}} & \dots & t_{PR_{1n}} \\ t_{PR_{i1}} & 0 & \dots & t_{PR_{in}} \\ \vdots & t_{PR_{ij}} & \ddots & \vdots \\ t_{PR_{n1}} & t_{PR_{nj}} & \dots & 0 \end{pmatrix}, \quad B_{PR} = \begin{pmatrix} 0 & b_{PR_{1j}} & \dots & b_{PR_{1n}} \\ b_{PR_{i1}} & 0 & \dots & b_{PR_{in}} \\ \vdots & b_{PR_{ij}} & \ddots & \vdots \\ b_{PR_{n1}} & b_{PR_{nj}} & \dots & 0 \end{pmatrix}.$$

При этом $\forall i, j: mpr_{ij} = 0$ выполняются условия $t_{PR_{ij}} = t_{PR_{ji}} = 0$; $b_{PR_{ij}} = b_{PR_{ji}} = 0$; $AlgP_{PR}$ — алгоритм оценки решения задач:

$$AlgP_{PR}: b_{PR_i} = \sum_k b_{ik},$$

где b_{ik} — балл от 0 до 10, выставленный k -му участнику команды за решение i -й задачи.

Любая команда может оценить работу другой команды, выполненную полностью или отдельный этап выполнения, после выставления отметки о выполнении этого этапа. Рейтинг команд выстраивается на основании результатов взаимооценок по выполнению каждого этапа проекта и проекта целиком. Автор проекта также принимает участие в оценке результатов выполнения проекта. Оценка проекта осуществляется на основе следующего набора:

$$Epr = Vpr_{\text{норм}} - Tpr_{\text{норм}},$$

где $Vpr_{\text{норм}}$ — нормированный балл за проект:

$$Vpr_{\text{норм}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{ком}}} b_{\text{пр}_i} / \max \left(\sum_{i=1}^{N_{\text{ком}}} b_{\text{пр}_i} \right),$$

где $b_{\text{пр}_i}$ — баллы, выставленные i -й командой за проект, $i = \overline{1, N_{\text{ком}}}$; $N_{\text{ком}}$ — количество команд (проектов); $Tpr_{\text{норм}}$ — нормированное значение штрафов за нарушение сроков выполнения проекта:

$$Tpr_{\text{норм}} = \frac{t_{\text{пр}_i}}{\max(t_{\text{пр}_i})},$$

где $t_{\text{пр}_i}$ — количество дней просрочки сдачи i -й командой проекта.

3. Программное обеспечение для повышения эффективности управления процессом обучения промышленному программированию

Метод управления процессом обучения промышленному программированию реализован в программном комплексе SkillsForYou [13]. Для реализации метода в комплексе используются модули: анализа личностных и психологических качеств обучающихся, управления процессом обучения промышленному программированию, тренировок личностных и психологических качеств обучающихся, математический модуль (рис. 4).

В программном модуле управления процессом обучения промышленному программированию реализована возможность создания задач учебных проектов, запуска задач на языках Pascal, C++, Python, C#, Java на выполнение, формирование результатов прохождения тестов задач учебных проектов. В модуле управления процессом обучения промышленному программированию реализована возможность индивидуального решения задач учебных проектов и командной работы.

Для управления процессом решения задач при участии команды в учебном проекте используется панель лидера команды, обеспечивающая возможность создания команды, распределения и перераспределения задач между участниками проекта, отслеживание действий каждого участника проекта в процессе работы над учебным проектом. Поддержка принятия решений по выбору очередного шага обучения в математическом блоке осуществляется на основе алгоритма светлячков, роя пчел или муравьиной колонии в зависимости от ЛПК обучающегося.

Модуль анализа ЛПК обучающихся промышленному программированию обеспечивает прохождение психологических тестов, по результатам которых опре-

деляются личностные и психологические качества, необходимые для выбранного направления обучения промышленному программированию. В модуле тренировок личностных и психологических качеств обучающихся промышленному программированию реализованы игры, обеспечивающие улучшение ЛПК обучающихся. Тренировки в игровой форме продолжаются до тех пор, пока обучающиеся не достигнут минимального порога всех личностных и психологических качеств, необходимых для работы IT-специалиста по выбранному направлению.

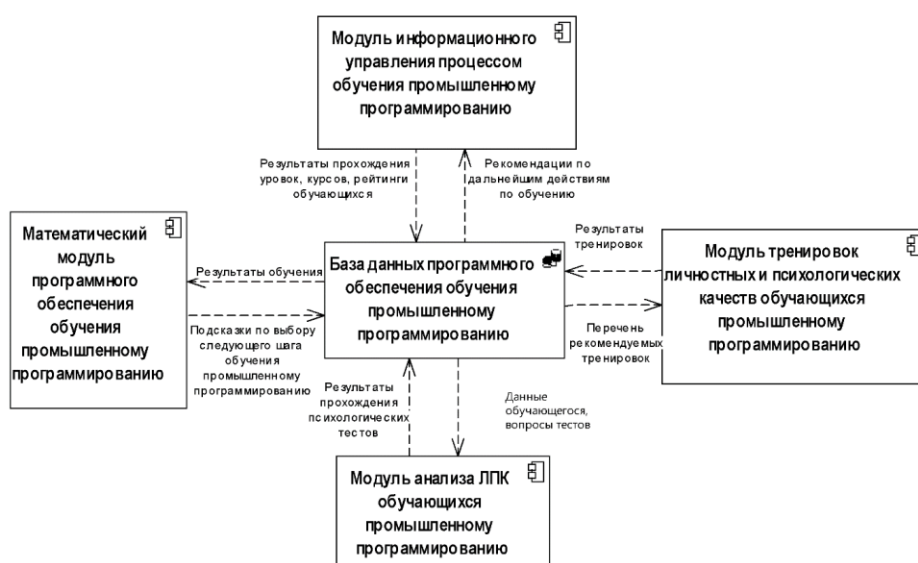


Рисунок 4. Структурная схема блоков программного комплекса «SkillsForYou», использующихся для управления процессом обучения промышленному программированию

В процессе запуска разработанного программного обеспечения участвовали сотрудники IT-компаний и студенты.

Система эксплуатируется в следующем режиме.

Шаг 1. На основе анализа ЛПК для каждого обучающегося определяется алгоритм роевого интеллекта, обеспечивающий поддержку принятия решений при построении траектории подготовки, и параметры алгоритма в математическом блоке программного обеспечения.

Шаг 2. Каждый обучающийся проходит обучение по выбранному направлению подготовки IT-специалистов (изучает технологии программирования, которые востребованы заказчиками кадров, с использованием модуля информационного управления процессом обучения промышленному программированию). Траектория

обучения формируется на основе алгоритма роевого интеллекта, выбранного на шаге 1.

Шаг 3. Каждый обучающийся решает задачи учебного проекта по изученной технологии. Оценка решения задач выполняется другими участниками проекта в программном модуле управления процессом обучения промышленному программированию.

Шаг 4. Обучающиеся, успешно решившие задачи учебных проектов, объединяются в команды. Роли в командах распределяются в соответствии с направлениями подготовки IT-специалистов. Запуск учебных проектов может осуществляться обучающимися или заказчиками кадров. Оценка проектов выполняется другими командами.

Шаг 5. По результатам обучения формируется рейтинг обучающихся и осуществляется отбор заказчиками кадров.

4. Апробация разработанного метода

Апробация разработанного метода проводилась авторами статьи в Белорусско-Российском университете в учебном процессе при подготовке бакалавров по специальности «Программная инженерия» в рамках лабораторных работ и руководства курсовым проектом по дисциплине «Технологии разработки программного обеспечения».

В рамках лабораторных работ и курсового проекта студентам было предложено изучить и использовать в учебном проекте язык Python и библиотеку Django, а также приобрести навыки FrontEnd-разработки с использованием HTML, CSS, JavaScript, Angular, React. Выбор данного стека технологий обусловлен потребностями IT-компаний Могилевского региона: три IT-компании региона, являющиеся резидентами Парка высоких технологий Республики Беларусь, готовы принять во внутренние лаборатории и на работу в общей сложности порядка 30 IT-специалистов, имеющих практические навыки программирования на языке Python и использования библиотеки Django. При этом квалифицированные кадры по данному направлению в Могилевском регионе практически отсутствуют.

Кроме того, спрос IT-компаний Могилевского региона на FrontEnd-разработчиков, имеющих навыки применения HTML, CSS, JavaScript, Angular, React, превышает предложение на 50 человек, несмотря на проведение регулярных тренингов по данному направлению. Потребности в кадрах IT-компаний Могилевского региона обусловили выбор стека технологий, изучаемых в рамках дисциплины «Технологии разработки программного обеспечения».

Пять студентов, имеющих самую высокую успеваемость по основам алгоритмизации и программирования, выполнили роль пчел-разведчиков, изучив техноло-

гии промышленного программирования на Python на основе траекторий, предложенных тремя ведущими IT-компаниями Могилевского региона: iTechArt, EPAM Systems, Artezio. В процессе прохождения курсов студенты не отклонялись от типовых траекторий подготовки, предложенных IT-компаниями. По результатам прохождения курсов студентами, выполнявшими роль пчел-разведчиков, лучшей была признана траектория обучения языку Python и использованию библиотеки Django компании iTechArt. Остальные студенты группы, в соответствии с алгоритмом муравьиной колонии, использовали данную траекторию обучения.

Пока основная часть группы изучала технологии промышленного программирования по выстроенным траекториям, выбранные пять студентов объединились в две команды и приступили к реализации учебных проектов, используя полученные ранее знания. В течение двух недель вся группа была разделена на команды с учетом личностных и психологических качеств студентов. Группы приступили к выполнению учебных проектов с использованием технологии SCRUM.

К середине учебного семестра две команды, состоявшие из пяти лучших студентов, завершили создание бизнес-логики учебных проектов на Python и приступили к изучению технологий промышленного программирования для создания пользовательского интерфейса Web-приложений (HTML, CSS, JavaScript, фреймворков Angular, React). Основой для изучения технологий создания пользовательского интерфейса Web-приложений стали траектории подготовки студентов старших курсов, работающих на должностях FrontEnd-разработчиков в IT-компаниях Могилевского региона: iTechArt, EPAM Systems, Artezio. По результатам исследований наиболее эффективной была признана траектория подготовки FrontEnd-разработчиков компании EPAM Systems. По мере завершения работ по созданию бизнес-логики проектов команды студентов приступали к разработке пользовательского интерфейса. Траектория обучения формировалась на основе алгоритма муравьиной колонии. В соответствии с технологией SCRUM осуществлялась еженедельная коллективная оценка проектов, выполняющихся каждой командой.

Из пяти лучших студентов трое прошли собеседование и были приняты на летнюю стажировку в Могилевский филиал IT-компания «Артезио», двое приняты на работу в качестве преподавателей языка Python в школу «Айтиландия» в г. Могилев. Результаты выполнения еще двух проектов с участием шести студентов получили Государственную регистрацию программ для ЭВМ в Роспатенте.

5. Заключение

В статье предложен метод управления процессом обучения промышленному программированию, отличающийся комплексным подходом к обучению технологиям промышленного программирования от теоретических основ технологий до реали-

зации первого учебного проекта. Предложенный метод управления отличается построением траектории подготовки на основе алгоритмов роевого интеллекта с учетом личностных и психологических качеств обучающихся. Многоэтапное применение разработанного метода позволяет выбрать рациональную траекторию обучения с учетом опыта прохождения курсов и траектории развития в данном направлении других обучающихся.

Алгоритмы роения пчел и муравьиной колонии адаптированы для построения траектории обучения технологиям промышленного программирования.

По результатам апробации разработанного метода выявлено следующее ограничение: при выборе траектории подготовки в процессе изучения выбранной технологии промышленного программирования обучающиеся, как правило, вынуждены ограничиваться одной выбранной системой обучения, поскольку переход в другую систему обучения на очередном шаге подготовки затруднен из-за различной последовательности изучения тем, различного содержания уроков и курсов в разных системах обучения. Перспективным направлением развития предложенного метода является повышение эффективности управления учебными проектами в процессе подготовки IT-специалистов.

Эффективность применения предложенного метода управления подготовкой IT-специалистов в системе высшего образования подтверждена актом внедрения результатов исследований в учебный процесс в Белорусско-Российском университете (г. Могилев, Республика Беларусь).

Литература

- [1] Боброва Н. Н., Николаенко Е. В. Особенности подготовки IT-специалистов // Инновационные процессы и корпоративное управление: материалы IV Междунар. заоч. науч.-практ. конф. — Мн.: Институт бизнеса БГУ, 2012 (https://www.sbmt.bsu.by/Data_RUS/ContBlocks/01116/Bobrova.pdf)
- [2] Измestьев Д. В. Специфика обучения IT-специалистов в России: [Электронный ресурс]. Сетевая академия Ланит. URL: <https://academy.ru/about/presscentr/publications/spetsifika-obucheniya-it-spetsialistov-v-rossii/>
- [3] Яворский В. В., Сергеева А. О., Пошанов Р. Т. Подготовка специалистов в сфере информационных технологий // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 11-4. С. 554–556.
- [4] Новиков А. М. Методология учебной деятельности. — М. : Эгвес, 2005.
- [5] Новиков Д. А. Теория управления образовательными системами. — М. : Народное образование, 2009.
- [6] Карпенко А. П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой: учеб. пособие. — М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017.

- [7] *Полат Е. С., Бухаркина М. Ю., Моисеева М. В., Петров А. Е.* Новые педагогические и информационные технологии в системе образования. — М. : Академия, 2002.
- [8] *Guay M.* Project Management 101: The Complete Guide to Agile, Kanban, Scrum and Beyond [Электронный ресурс] URL: <https://zapier.com/learn/project-management/project-management-systems/>
- [9] *Батаршев А. В., Алексеева И. Ю., Майорова Е. В.* Диагностика профессионально важных качеств. — СПб. : Питер, 2007.
- [10] *Орел Е. А.* Исследование способности к усвоению искусственных языков у программистов // Организационная психология. 2012. Т. 2. С. 34–48
- [11] Психологическая диагностика в управлении персоналом: учеб. пособие для сотрудников кадровых служб / Под ред. Климова Е. А. — М. : РПО, 1999.
- [12] *Матренин П. В.* Разработка адаптивных алгоритмов роевого интеллекта в проектировании и управлении техническими системами: дисс. ... канд. техн. наук: 05.13.01. — Новосибирск, 2018.
- [13] *Янукович С. П., Мрочек Т. В., Ореховский Д. С.* Контроль самостоятельной работы студентов IT-специальностей посредством автоматизации // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Международной научно-технической конференции. — Могилев : Белорусско-Российский университет, 2019. С. 398.

Авторы:

Вадим Владимирович Борисов — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры вычислительной техники, филиал НИУ «МЭИ» в г. Смоленске

Светлана Петровна Янукович — руководитель проекта, ОАО «Могилевское агентство регионального развития»

Константин Васильевич Захарченков — кандидат технических наук, доцент кафедры АСУ, Белорусско-Российский университет

Юлия Викторовна Вайнилович — старший преподаватель кафедры АСУ, Белорусско-Российский университет»

A Method for Managing the Process of Teaching Industrial Programming Based on Swarm Intelligence Algorithms

V. V. Borisov, S. P. Yanukovich**, K. V. Zakharchankov***, Ju. V. Vajnilovich****

**Branch of the National Research University "Moscow Energy Institute" in Smolensk, 214013, Smolensk, Energy passage, 1*

***Open Joint-Stock Company Mogilev Regional Development Agency, 212017, Republic of Belarus, Mogilev, Blvd. Yubileiny, 21*

****Belarusian-Russian University, 212030, Belarus, Mogilev, Mira Avenue, 43
e-mail: syanukovich@mail.ru*

Abstract. The article proposes a new method for managing the process of teaching industrial programming. The suggested method of training IT specialists differs from the existing meth-

ods in an integrated approach to the management of the teaching process starting from the selecting the technology to study taking into account the demand of IT companies to solving the problems of the educational project as a part of a team. To construct the preparation path, it is proposed to use the algorithms of swarming of bees and ant colony.

Keywords: training management, industrial programming, swarm intelligence algorithms, the formation of development teams.

References

- [1] Bobrova N. (2012) Osobennosti podgotovki IT-spetsialistov. In *Innovatsionnye protsessy i korporativnoe upravlenie*, materialy IV Mezhdunar. zaoch. nauch.-prakt. konf., (Minsk, Institut biznesa BGU), URL: http://www.sbmt.bsu.by/pages/fourth_conference. [Rus]
- [2] *Izmes'tev D.* Spetsifika obucheniya IT-spetsialistov v Rossii. Setevaya akademiya Lanit. Available at: <https://academy.ru/about/presscentr/publications/spetsifika-obucheniya-it-spetsialistov-v-rossii/>. [Rus]
- [3] *Yavorskiy V., Sergeeva A., Poshanov R.* (2015) *Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya*, (11-4):554–556. [Rus]
- [4] *Novikov A. M.* (2005) *Metodologiya uchebnoi deyatel'nosti* (Moscow, Egves). [Rus]
- [5] *Novikov D. A.* (2009) *Teoriya upravleniya obrazovatel'nymi sistemami* (Moscow) [Rus]
- [6] *Karpenko A.* (2017) *Sovremennye algoritmy poiskovoy optimizatsii. Algoritmy, vdokhnovlennyye prirodoy: uchebnoe posobie* (Moscow, MGTU im. N. E. Baumana). [Rus]
- [7] *Polat E.* (2002) *Novyye pedagogicheskie i informatsionnye tekhnologii v sisteme obrazovaniya*, (Moscow, Akademiya). [Rus]
- [8] *Guay M.* Project Management 101: The Complete Guide to Agile, Kanban, Scrum and Beyond, Available at: <https://zapier.com/learn/project-management/project-management-systems/>
- [9] *Batarshchey A. V., Alekseeva I. Yu., Maiorova E. V.* (2007) *Diagnostika professional'no vazhnykh kachestv* (St. Petersburg, Piter). [Rus]
- [10] *Orel E.A.* (2012) *Organizatsionnaya psikhologiya*, (2):34–48. [Rus]
- [11] *Klimova E. A. (ed.)* (1999) *Psikhologicheskaya diagnostika v upravlenii personalom: Uchebnoe posobie dlya sotrudnikov kadrovyykh sluzhb* (Moscow, RPO). [Rus]
- [12] *Matrenin P.* (2018) *Razrabotka adaptivnykh algoritmov roevogo intellekta v proektirovanii i upravlenii tekhnicheskimi sistemami* (Thesis Ph.D; Novosibirsk). [Rus]
- [13] *Yanukovich S., Mrochek T., Orekhovskiy D.* (2019) Kontrol' samostoyatel'noy raboty studentov IT-spetsial'nostey posredstvom avtomatizatsii. In *Materialy, oborudovanie i resursoberegayushchie tekhnologii*, materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, (Mogilev, Belorussko-Rossiyskiy universitet), p. 398. [Rus]