Метод управления процессом обучения олимпиадному программированию на основе алгоритмов роевого интеллекта

Method of managing the process of teaching olympiad programming based on algorithms of swarm intelligence doi 10.26310/2071-3010.2020.255.1.012



С. П. Янукович, руководитель проекта, ОАО «Могилевское агентство регионального развития»

S.p.yanukovich@gmail.com

S. P. Yanukovich, project manager, OJSC «Mogilev regional development agency»

В работе рассмотрены вопросы комплексного обучения олимпиадному программированию. Метод управления процессом обучения олимпиадному программированию включает следующие этапы: отбор обучающихся, имеющих способности к олимпиадному программированию; оценка и развитие личностных и психологических качеств (далее — ЛПК), необходимых для участия в олимпиадах; управление процессом подготовки к индивидуальным олимпиадам; управление формированием команд с учетом ЛПК; управление процессом подготовки команд к участию в олимпиадах. Научная новизна предложенного метода заключается в оценке и развитии ЛПК обучающихся в процессе подготовки к олимпиадам; в использовании алгоритмов светлячков и косяков рыб для повышения эффективности управления процессом подготовки к индивидуальным и командным олимпиадам. Для автоматизации предложенного метода разработано программное обеспечение, содержащее следующие программные модули: анализа ЛПК; тренировок ЛПК; математический модуль, в котором реализованы алгоритмы роевого интеллекта; модуль информационного управления подготовкой к олимпиадам; база данных, обеспечивающая обмен данными между модулями. Описан алгоритм управления процессом обучения олимпиадному программированию на основе предложенного метода с использованием разработанного программного обеспечения.

The article addresses the issues of comprehensive teaching the olympiad programming. Method of managing the process of teaching olympiad programming includes the following steps: the selection of students with the ability to olympiad programming; assessment and development of personal and psychological qualities (further PPQ) necessary for participating in olympiads; managing the process of preparation for individual olympiads; formation of teams management, taking into account the PPQ; managing the process of preparing teams for participating in olympiads. The scientific novelty of the proposed method lies in assessment and development of PPQ of students in the process of preparation for olympiads; in the use of algorithms of fireflies and schools of fish to increase the efficiency of managing the process of preparation for individual and team olympiads. To automate the proposed method, there was developed a software containing the following modules: PPQ analysis module; PPQ training module; a math unit with swarm intelligence algorithms implemented; module for information management of preparation for the olympiad; database that provides data exchange between modules. The algorithm of managing the process of teaching olympiad programming based on suggested method with the use of developed software is described in the article.

Ключевые слова: управление подготовкой, олимпиадное программирование, алгоритмы роевого интеллекта, формирование команд, траектория полготовки.

Keywords: preparation management, olympiad programming, swarm intelligence algorithms, teams formations, training path.

Введение

В подготовке IT-специалистов существенную роль играет участие в олимпиадах. Специфика развития информационных технологий оказывает существенное влияние на развитие олимпиадного движения. Современные IT-проекты предполагают формирование команд разработчиков. Умение взаимодействовать с членами команды, совместно отвечать за результат — очень важный навык для будущего IT-специалиста. В связи с этим, в олимпиадном движении в настоящее время, помимо индивидуальных олимпиад, активно развиваются командные олимпиады. IT-компании выступают в качестве спонсоров олимпиад, организовывают собственные олимпиады, отбирая лучших IT споималистов.

Существующая система отбора и подготовки желающих заниматься олимпиадным программированием недостаточно эффективна, а научная основа управления олимпиадным движением практически отсутствует. Существуют единичные авторские работы по педагогике, посвященные подготовке к олимпиадам и улучшению отдельных аспектов олимпиадного

движения [1-3], однако комплексного решения задачи эффективного управления подготовкой к олимпиадам в настоящее время не представлено. В Интернете существует множество ресурсов, позволяющих готовиться к индивидуальным и командным олимпиадам, однако отсутствуют методы построения траектории подготовки обучающихся к олимпиадам с учетом личностных и психологических качеств.

В Республике Беларусь на протяжении нескольких лет олимпиадное движение было ориентировано на одного из участников — школьника, который побеждал на всех республиканских и международных олимпиадах по программированию. В результате уровень задач на республиканской олимпиаде значительно вырос, поскольку авторы составляли задачи таким образом, чтобы потенциальному победителю было интересно и достаточно сложно их решить.

Участники олимпиадного движения (в первую очередь, педагоги и школьники) получили информацию для формирования траектории подготовки к индивидуальным олимпиадам на основе успешного опыта победителя республиканских и международных олимпиад. Школьники и педагоги, участвующие в

олимпиадном движении, начали проходить те курсы и участвовать в олимпиадах, в которых участвовали победители республиканских олимпиад. На основании вышесказанного, для формирования математической основы предложенного в статье метода управления подготовкой к индивидуальным олимпиадам выбран алгоритм светлячков, как наиболее точно отражающий поведение обучающихся в процессе подготовки к индивидуальным олимпиадам по программированию.

Для участия в командной олимпиаде помимо личностных и психологических качеств, необходимых участникам индивидуальных олимпиад, от участников требуется развитие качеств, необходимых для работы в команде. Данный вид соревнований наиболее актуален для будущих ІТ-специалистов, которые, как правило, работают в команде. Командные олимпиады для школьников по программированию, проводимые в Республике Беларусь, до сих пор не получили статус официальных. Школьники из Беларуси через существующую систему отбора успешно участвуют во Всероссийской командной олимпиаде школьников по программированию (ВКОШП).

При формировании команд принципиальное значение имеют личностные и психологические качества участников, уровень подготовки каждого члена команды, их взаимоотношения. Подготовка команд к участию в олимпиадах предполагает проведение тренировок для выбора рациональной стратегии решения задач. Предложенный метод предполагает использование алгоритма косяков рыб для формирования рациональной стратегии решения олимпиадных задач командой участников.

1. Общее описание метода

Метод управления процессом обучения олимпиадному программированию основан на использовании алгоритмов роевого интеллекта, частных методик подготовки к олимпиадам по программированию, методов статистической обработки данных, методик формирования психологических качеств, необходимых в олимпиадном программировании. Для подготовки к индивидуальным и командным олимпиадам используются различные алгоритмы роевого интеллекта —

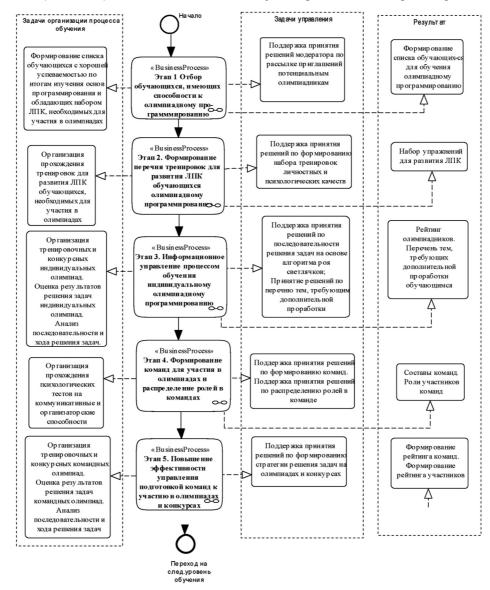


Рис. 1. Этапы управления процессом обучения олимпиадному программированию

алгоритм светлячков для поиска пути подготовки обучающихся к индивидуальным олимпиадам, алгоритм косяков рыб для выработки стратегии решения задач каждой командой в процессе подготовки к командной олимпиаде.

Формирование команд для участия в олимпиадах осуществляется с учетом результатов психологических тестов, позволяющих оценить ответственность, коммуникативные и организаторские способности. В процессе подготовки к олимпиадам информационное управление осуществляется путем формирования рациональной стратегии решения задач на основе алгоритма косяка рыб. Обучающимся предоставляется возможность прохождения компьютерных тренингов по развитию навыков работы в команде (рис. 1).

1.1. Отбор обучающихся, имеющих способности к олимпиадному программированию

Модератор отправляет приглашения обучающимся, обладающим следующим набором критериев, полученного на этапе процесса изучения основ программирования:

$$OL = \langle IQ_{OL}, CREAT_{OL}, SVKR_{OL}, SVUK_{OL}, RKR_{OL} \rangle$$

где IQ_{OL} — уровень интеллекта обучающегося; $CREAT_{OL}$ — уровень развития креативного мышления обучающегося; $SVKR_{OL}$ — средняя скорость решения контрольной работы; $SVUK_{OL}$ — средняя скорость прохождения учебных курсов; RKR_{OL} — результаты решения контрольной работы по основам программирования.

1.2. Формирование перечня тренировок для развития личностных и психологических качеств (ЛПК) обучающихся олимпиадному программированию

На втором этапе определяется набор тренировок, обеспечивающих улучшение личностных способностей и психологических качеств обучающихся, необходимых для участия в олимпиадном программировании [4, 5].

Для оценки личностных и психологических качеств, необходимых для участия в олимпиадном программировании, используются тесты, которые можно охарактеризовать следующим набором:

$$\begin{split} \text{TPS}_{\text{OL}} = = <& \text{TPS}_{\text{memOL}}, \text{TPS}_{\text{komOL}}, \text{TPS}_{\text{stressOL}}, \\ \text{TPS}_{\text{adaptOL}}, \text{TPS}_{\text{attentOL}} >, \end{split}$$

где $\mathrm{TPS}_{\mathrm{memOL}}$ — набор тестов на структуру памяти; $\mathrm{TPS}_{\mathrm{komOL}}$ — набор тестов на коммуникативность; $\mathrm{TPS}_{\mathrm{stressOL}}$ — набор тестов на стрессоустойчивость; $\mathrm{TPS}_{\mathrm{adaptOL}}$ — набор тестов на адаптивность; $\mathrm{TPS}_{\mathrm{attentOL}}$ — набор тестов на концентрацию внима-

На основании анализа результатов тестов, формируется набор тренировок:

$$TR_{OL} = \langle TR_{memOL}, TR_{srOL}, TR_{komOL},$$

$${\rm TR_{stressOL}, TR_{adaptOL}, TR_{attentOL}}\!>,$$

где $\mathrm{TR}_{\mathrm{memOL}}$ — тренировка памяти; $\mathrm{TR}_{\mathrm{komOL}}$ — тренировка коммуникативности; $\mathrm{TR}_{\mathrm{stressOL}}$ — тренировка стрессоустойчивости; $\mathrm{TR}_{\mathrm{adaptOL}}$ — тренировка адаптивности; $\mathrm{TR}_{\mathrm{attentOL}}$ — тренировка концентрации внимания.

1.3. Информационное управление процессом обучения индивидуальному олимпиадному программированию

В зависимости скорости и качества решения задач в процессе обучения, а также от личностных и психологических качеств, происходит автоматизированный подбор задач по темам и компьютерных тренировок для формирования личностных и психологических качеств [6], необходимых для участия в олимпиадах.

Для каждого обучающегося во время изучения теоретического материала и решения задач, системой определяется перечень тем и разделов, требующих дополнительной проработки — на основании нерешенных типовых задач и задач, на решение которых понадобилось много попыток. В этом случае обучающемуся предоставляются по соответствующим темам и разделам дополнительные материалы и залачи

Управление обучением олимпиадному программированию можно представить следующим набором:

$$\begin{split} \text{SP}_{\text{OL}} = & < \text{RPT}_{\text{SP}}, \text{VPT}_{\text{SP}}, \text{ResTOL}_{\text{SP}}, \text{ResOL}_{\text{SP}}, \\ & \text{AlgRI}_{\text{SP}}, \text{TW}_{\text{SP}}, \text{SOL}_{\text{SP}} >, \end{split}$$

где RPT_{SP} — результаты решения задач по темам; VPT_{SP} — средняя скорость решения задач по темам; $ResTOL_{SP}$ — результаты участия в индивидуальных тренировочных олимпиадах;

$$ResTOL_{SP} = \sum_{i} BPT_{i}$$

где i — номер задачи, BPT_i — баллы, набранные за решение i-й задачи на тренировочной олимпиаде; $\mathrm{ResOL_{SP}}$ — результаты участия в конкурсных олимпиадах; $\mathrm{AlgRI_{SP}}$ — алгоритм построения траектории обучения олимпиадному программированию на основе алгоритма светлячков; $\mathrm{TW_{SP}}$ — перечень тем, требующих дополнительной проработки:

$$\mathsf{TW}_{\mathsf{SP}} = \{\mathsf{tw}_j \, \big| (\{\mathsf{rt}_j\} = \varnothing) \cup (\{\mathsf{rt}_j \, \big| \, \mathsf{bpt}_j \to \mathsf{min}\}) \},$$

где j — номер темы; SOL_SP — траектория подготовки успешных олимпиадников, которая характеризуется графом G_SOL ={ T_SOL , R_SOL }, где $t_{\mathrm{SOL}ij}$ — время решения i-й задачи после j-й, $r_{\mathrm{SOL}ij}$ — результаты в баллах решения i-й задачи после j-й. Траф G_SOL можно представить двумя матрицами с одинаковой структурой, но разными весами:

$$\mathbf{T_{SOL}} = \begin{bmatrix} 0 & t_{\text{SOL}_{1j}} & \dots & t_{\text{SOL}_{1n}} \\ t_{\text{SOL}_{i1}} & 0 & \dots & t_{\text{SOL}_{i1}} \\ \dots & t_{\text{SOL}_{ij}} & \dots & \dots \\ t_{\text{SOL}_{n1}} & t_{\text{SOL}_{nj}} & \dots & 0 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{R_{SOL}} = \begin{bmatrix} 0 & r_{\text{SOL}_{1j}} & \dots & r_{\text{SOL}_{1n}} \\ r_{\text{SOL}_{i1}} & 0 & \dots & r_{\text{SOL}_{i1}} \\ \dots & r_{\text{SOL}_{jj}} & \dots & \dots \\ r_{\text{SOL}_{n1}} & r_{\text{SOL}_{nj}} & \dots & 0 \end{bmatrix}.$$

В соответствии с алгоритмом светлячков, привлекательность обучающегося для других обучающихся прямо пропорциональна его рейтингу. Обучающиеся с низким рейтингом перемещаются по курсам в направлении обучающихся с более высоким рейтингом, как наиболее привлекательным. Особенность применения алгоритма светлячков при прохождении курсов обучающимися заключается в том, что рейтинг обучающегося, видимый другими обучающимся, корректируется на количество уроков и курсов, разделяющих обучающихся в системе. Для обучающегося, в зоне ближайшего окружения которого нет других обучающихся с более высоким рейтингом, не предоставляется рекомендации по выбору курса, и обучающийся самостоятельно выбирает курс. По итогам изучения курсов обучающиеся, прошедшие курс, выполняют тестовые задания. В системе запоминается последовательность прохождения курсов обучающимися. Рейтинг обучающихся, закончивших изучение всех курсов по выбранному направлению за наименьшее время, быстро становится самым высоким. Пройденные ими курсы привлекают большее число обучающихся. Менее используемые курсы не пользуются спросом.

В процессе обучения яркость излучения светлячка в алгоритме светлячков $s_i \in S$, i=1...|S| принимается равной рейтингу i-го обучаемого.

Привлекательность обучаемого s_j для обучаемого s_i предполагается равной величине:

$$\beta_{i,j} = \beta_0 \exp{(-\gamma r_{ij}^2)},$$

где r_{ij} — расстояние между обучающимися s_i , s_j , измеряемое количеством курсов и уроков; β_0 — взаимная привлекательность обучающихся при нулевом расстоянии между ними; γ — коэффициент, характеризующий снижение привлекательности с увеличением расстояния.

Движение обучающегося s_i , который притягивается более привлекательным обучающимся s_j , определяется последовательным выбором курсов, которые проходил обучающийся s_j . Система выводит рейтинг обучающихся s_i с большим рейтингом по сравнению с рейтингом s_i . При этом обучающиеся s_j должны находиться в пределах «видимости» обучающегося s_i с указанием путей движения каждого обучаемого s_i .

Процесс управления обучением олимпиадному программированию на основе алгоритма светлячков в соответствии с [7], включает следующие основные шаги:

Шаг 1. Выбор начального курса для изучения. Каждый обучающийся, просматривая рейтинги других обучающихся, а также пути перемещения других

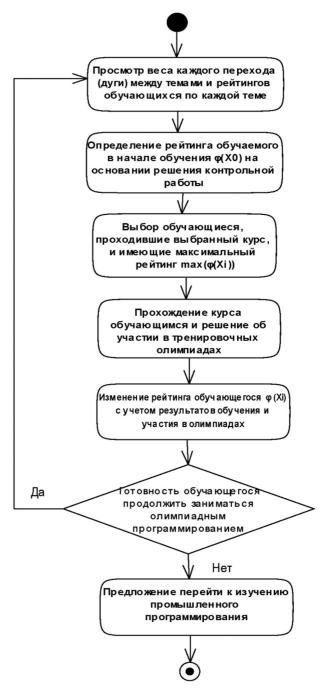


Рис. 2. Схема процесса управления обучением олимпиадному программированию на основе алгоритма светлячков

обучающихся по курсам, выбирает начальный курс обучения. По итогам решения контрольной по основам программирования формируется рейтинг обучающихся в начале подготовки к олимпиадам φ (X_0).

Шаг 2. Выбираются обучающиеся, проходившие выбранный курс, и имеющие максимальный рейтинг $\max (\varphi(X_i))$.

Шаг 3. Обучающийся проходит выбранный курс и участвует в тренировочных олимпиадах, по итогам которых его рейтинг становится равным $\varphi(X_i)$.

Шаг 4. Если обучающийся больше не готов заниматься олимпиадным программированием, ему предлагается перейти к изучению промышленного программирования. В противном случае происходит переход к шагу 2.

Рейтинг обучающихся олимпиадному программированию формируется с учетом изучения новых тем, участия в тренировочных и конкурсных олимпиадах.

1.4. Формирование команд для участия в олимпиадах и распределение ролей в командах

На данном шаге система осуществляет информационное управление формированием команд, распределение ролей в команде и обеспечивает принятие решений по определению лидеров команд на основе результатов прохождения психологических тестов на совместимость и коммуникативные качества, а также с учетом рейтинга обучающихся по результатам индивидуальных олимпиад.

Формирование команд осуществляется для реализации учебных проектов и для участия в командных олимпиадах. Команды могу формироваться с учетом сложившегося опыта взаимодействия обучающихся по их желанию, или создаваться на основе личностных и психологических качество обучающихся. Информационное управление формированием команд происходит по результатам диагностики коммуникативных и организаторских способностей личности в рамках организуемой группы [8, 9] и с учетом рейтинга обучающихся в системе. Все обучающиеся делятся на три подгруппы согласно рейтингу, далее обучаемый с лидерскими качествами дополняется участниками команды из двух других групп рейтинга, отличных от группы лидера, что обеспечивает формирование максимально равнозначных команд по уровню подготовки.

1.5. Повышение эффективности управления подготовкой команд к участию в олимпиадах и конкурсах

Принятие решения по стратегии решения задач командой на олимпиадах и мероприятиях происходит в зависимости от скорости и качества решения задач в процессе обучения.

Процесс управления подготовкой к участию команды в олимпиадах можно представить следующим набором:

$$KOM_{OL} = \langle VP_{KOM}, SOL_{KOM}, ResT_{KOM}, ResPS_{KOM},$$

$$TRPS_{KOM}, ResTST_{KOM}, Res_{KOM}, AlgRI_{KOM} >,$$

где ${
m VP}_{
m KOM}$ — средняя скорость решения задач; ${
m SOL}_{
m KOM}$ — траектория подготовки к олимпиаде, которая характеризуется графом ${
m G}_{
m KOM}$ = ${
m \{BS}_{
m KOM}, {
m C}_{
m SO}\}$, где ${
m bs}_{
m SOj}$ — определяет взвешенную сумму баллов за решение задач каждым участником олимпиады или конкурса, вектор ${
m C}_j$ определяет взвешенную сумму баллов за решение задач всей командой; ${
m ResPS}_{
m KOM}$ — результаты прохождения психологических тестов; ${
m TRPS}_{
m KOM}$ — перечень тренировок для улучшения коммуникативных способностей; ${
m ResKOM}$ — результаты участия команды в тренировочных и конкурсных олимпиадах — сумма баллов за решение задач; ${
m AlgRI}_{
m KOM}$ — алгоритм стратегии участия в олимпиадах и конкурсах, основанный на анализе взаимодействия команды во время решения

тренировочных задач с применением алгоритма косяков рыб [7].

В процессе работы над олимпиадными заданиями каждый участник выполняет несколько видов действий: действия на основании собственного опыта и действия на основании опыта всей команды. При этом, в соответствии с алгоритмом косяка рыб, предполагается, что команда помнит только лучшее решение каждого задания, а не наилучшие найденные результаты за весь процесс решения задания.

Параметрами алгоритма для поиска являются:

- множество обучающихся, проходящих подготовку к олимпиаде или конкурсу $S = \{s_i\}, i = 1...|S|;$
- на j-й итерации i-й обучающийся характеризуется состоянием $s_{ij} = \{X_{ij}, V_{ij}, w_{ij}\}$, где $X_{ij} = \{x_{ijl}\}$ вектор варьируемых параметров; l количество заданий; $V_{ij} = \{v_{ijl}\}$ вектор скоростей решения задач обучаемыми; w_{ij} рейтинг i-го обучаемого на j-й итерации, определяемый количеством решенных задач и штрафных баллов;
- граф М={bs_j, C_j} вектор из двух элементов. Скаляр bs_j определяет взвешенную сумму баллов за решение задач каждым участником олимпиады или конкурса. Второй вектор С_j определяет взвешенную сумму баллов за решение задач всей команлой.

Процесс управления подготовкой IT—специалистов к участию в олимпиадах и конкурсах на основе алгоритма косяков рыб включает следующие основные шаги:

Шаг 1. Выбор начального задания, которое планируется решать каждому участнику олимпиады. Капитан команды распределяет задания между членами своей команды.

Шаг 2. Вычисление целевой функции осуществляется после решения любым участником любой задачи по формуле:

где ${
m K}_{{
m O}i}-i$ -я команда, участвующая в олимпиаде, ${
m BFZM}_{{
m O}i}-$ штрафные баллы i-й команды, ${
m BF}_{{
m ZMOmax}}-$ максимальные штрафные баллы среди всех команд.

В командных олимпиадах засчитываются только полностью решенные задачи (прошедшие все тесты). При равном количестве правильно решенных задач учитываются штрафные баллы, которые рассчитываются по формуле:

$$BF_{ZMO} = \sum_{j=1}^{N_{ZOr}} (Zm_j + Zp_j),$$

где Zm_j — минута, на которой засчитана j-я задача, Zp_j — номер успешной попытки сдачи j-й задачи, $\mathrm{N}_{\mathrm{ZO}r}$ — количество правильно решенных командой задач (задач, которые прошли все тесты).

Шаг 3. Решение обучающимися каждой задачи включает несколько стадий. В соответствии с алгоритмом косяков рыб, вводится промежуточная итерация между j и j+1 с индексом j+0.5. Соответственно, в расчетах вводятся промежуточные значения скорости

решения задачи обучающимся V_{ij} +0,5, его состояния X_{ij} +0,5 и рейтинга w_{ij} +0,5. Согласно алгоритму косяков рыб, перечисленные величины рассчитываются по следующим формулам:

$$V_{ii+0.5} = \text{rnd } V_{\text{max}}, i = 1...|S|,$$

где rnd — случайное число, равномерно распределенное в интервале [0, 1]; $V_{\rm max}$ — максимальная скорость решения j+1-го задания. Можно изначально оценить $V_{\rm max}$ путем решения задания автором или экспертом.

Для оценки в любой момент времени состояния системы, промежуточное состояние каждого участника рассчитывается по формуле:

$$X_{ij+0,5} = T_{ijl} \ V_{ij+0,5}, i = 1...|S|,$$

где T_{ijl} — время, прошедшее после начала решения l-го задания j-м участником.

Если задачу до конца решить не удалось и обучающийся переключается на решение другой задачи, считается, что он вернулся в предыдущее состояние X_{ij} и отсчет времени T_{ijl} начинается заново. Если обучающемуся удалось получить решение задания, которое прошло часть тестов, и он продолжает решать задачу, то $X_{ij} = X_{ij+0.5}$.

Взвешенная промежуточная предполагаемая сумма баллов всей команды в момент времени T_{ij} определяется по формуле:

$$bs_{j} = \frac{\sum_{i} (V_{ij+0,5} T_{ijl}(\varphi(X_{ij+0,5}) - \varphi(X_{ij})))}{\sum_{i} (\varphi(X_{ij+0,5}) - \varphi(X_{ij}))},$$

Промежуточный вес i-го участника может быть вычислен по формуле:

$$w_{ij+0,5} \!=\! w_{ij} \!+\! \frac{\varphi(X_{ij+0,5}) \!-\! \varphi(X_{ij})}{\max \; (\varphi(X_{ij+0,5}) \!-\! \varphi(X_{ij}))} \;.$$

2. Программное обеспечение и алгоритм повышения эффективности управления процессом обучения олимпиадному программированию

Метод управления процессом обучения олимпиадному программированию реализован в программном комплексе «SkillsForYou» [10]. Для реализации метода используются модуль психоанализа, модуль информационного управления обучением олимпиадному программированию, модуль тренировок, математический модуль (рис. 3).

В программном модуле управления процессом обучения олимпиадному программированию реализованы следующие возможности: ввод текстов олимпиадных задач, исходных данных и ожидаемых результатов тестов; запуск на выполнение задач на языках Pascal, C++, Python, C#, Java; формирование результатов прохождения тестов задач. В модуле управления процессом обучения олимпиадному программированию реализована возможность подготовки к индивидуальным и командным олимпиадам.

Для управления процессом решения задач при проведении командной олимпиады используется панель капитана, обеспечивающая возможность формирования команды, распределения и перераспределения задач, отслеживание действий каждого участника команды в процессе проведения олимпиады. Поддержка принятия решений по выбору очередного шага обучения осуществляется на основе алгоритма светлячков. Поддержка принятия решений по выбору рациональной стратегии команды осуществляется на основе алгоритма косяков рыб.



Puc. 3. Структурная схема блоков программного комплекса «SkillsForYou», использующихся для управления процессом обучения олимпиадному программированию

Модуль психоанализа обеспечивает прохождение психологических тестов [8], по результатам которых определяются личностные и психологические качества, необходимые для обучения олимпиадному программированию. На основе результатов психологических тестов выполняется оценка структуры памяти, концентрации внимания, скорости реакции, стрессоустойчивости, адаптивности, коммуникативности, что обеспечивает поддержку принятия решений по подбору набора тренировок для развития личностных и психологических качеств.

В модуле тренировок реализованы игры, обеспечивающие повышение скорости реакции, концентрацию внимания, улучшение памяти, стрессоустойчивости, адаптивности, коммуникативности [11, 12]. Тренировки в игровой форме продолжаются до тех пор, пока обучающиеся не достигнут минимального порога всех личностных и психологических качеств, необходимых для участия в олимпиадах по программированию.

Алгоритм рационального управления процессом обучения олимпиадному программирования с использованием программного комплекса «SkillsForYou» включает следующие шаги:

Шаг 1. Отбор обучающихся, имеющих способности к олимпиадному программированию на основе психологических тестов и высокого уровня знаний основ программирования.

Шаг 2. Оценка стрессоустойчивости, адаптивности, коммуникативности, избирательности и концентрации внимания обучающихся с последующей выдачей рекомендаций по прохождению тренингов для улучшения перечисленных качеств.

Шаг 3. Прохождение тренировок для улучшения памяти, стрессоустойчивости, адаптивности, коммуникативности, концентрации внимания обучающегося.

Шаги 2-3 выполняются постоянно в процессе обучения олимпиадному программированию, пока обучающийся не достигнет достаточных для олимпиадного программирования показателей скорости реакции, концентрации внимания, стрессоустойчивости, коммуникативности, адаптивности либо до тех пор, пока данные показатели обучающегося не перестанут улучшаться.

Шаг 4. Решение обучающимся олимпиадных задач, автоматически подобранных в зависимости от скорости и качества решения задач в процессе обучения с применением алгоритма светлячков.

Шаг 5. Определение перечня тем и разделов олимпиадного программирования, требующих дополнительной проработки.

Шаг 6. Решение дополнительных задач по проблемным темам и разделам, выявленным на шаге 5.

Шаг 7. Организация тренировочных индивидуальных олимпиад.

Шаг 8. Определение рейтинга обучающихся олимпиадному программированию.

Шаг 9. Прохождение психологических тестов на совместимость и коммуникативные качества для формирования команд и распределения ролей в команде.

Шаг 10. Автоматизированный подбор задач по темам в зависимости от скорости и качества решения задач в процессе обучения.

Шаг 11. Организация тренировочных командных олимпиад с поддержкой принятия решений по стратегии решения задач на основе алгоритма косяка рыб.

Шаг 12. Прохождение компьютерных тренингов по развитию коммуникативных способностей в команде.

Шаг 13. Прохождение психологических тестов для определения пути дальнейшей подготовки обучаемого или команды при переходе в промышленное программирование.

Шаг 14. Автоматизированный контроль активности рейтинговых олимпиадников и автоматическое формирование предложений перейти к изучению промышленного программирования при отсутствии активности

Для запуска разработанного программного обеспечения в эксплуатацию привлекались репетиторы и учителя школ, ученики которых стали победителями областных и республиканских олимпиад по программированию. В системе выполняется нижеперечисленная последовательность действий.

Шаг 1. В процессе запуска системы победители республиканских олимпиад по программированию, выступали в роли пчел-разведчиков, проходя новые курсы по подготовке к олимпиадам. Система выполняет выбор параметров алгоритма роя пчел в зависимости от ЛПК обучающихся.

Шаг 2. Победители областных олимпиад по программированию в процессе запуска системы, выступали в роли пчел-фуражистов, проходя в процессе подготовки к олимпиадам курсы, признанные победителями республиканских олимпиад на шаге 1 лучшими и перспективными.

Шаг 3. Педагоги, желающие участвовать в олимпиадном движении, проходят курсы, признанные на шаге 1 и 2, лучшими и перспективными. Для формирования траекторий подготовки используются алгоритмы муравьиной колонии.

Шаг 4. По траекториям педагогов, полученным на шаге 3, осуществляется подготовка обучающихся на основе алгоритма муравьиной колонии.

Шаг 5. По итогам шагов 1, 2 и 4 в системе формируется список обучающихся, имеющих самый высокий рейтинг по результатам олимпиад и выполняющих роль светлячков для остальных обучающихся и роль пчел-разведчиков при освоении новых курсов. В процессе подготовки к индивидуальным олимпиадам новые обучающиеся, регистрирующиеся в системе, выбирают траекторию подготовки на основе алгоритма светлячков.

Шаг 6. После формирования команд осуществляется подготовка к командным олимпиадам. Выработка стратегии решения задач на олимпиаде осуществляется на основе алгоритма косяка рыб.

Применение разработанных методов, программного обеспечения и алгоритмов обеспечило повышение эффективности подготовки к олимпиадам. Средние результаты участников и команд, проходивших подготовку в системе, оказались лучше участников олимпиад, которые только участвовали в олимпиадах в системе.

3. Апробация разработанного метода

Апробация этапов метода обучения индивидуальному олимпиадному программированию проводилась в кружке по программированию в одном из учреждений общего среднего образования г. Могилева (Республика Беларусь). Для построения траектории подготовки учеников, имеющих склонности к индивидуальному олимпиадному программированию, использовался алгоритм светлячков.

В первый год апробации метода, по итогам городской олимпиады от рассматриваемого учреждения общего среднего образования на областную олимпиаду по информатике прошло два ученика, один из которых получил диплом.

Отбор участников олимпиадного движения осуществлялся с учетом личностных и психологических качеств (уровня развития логического мышления, памяти, стрессоустойчивости, концентрации внимания) и успеваемости по информатике. В процессе подготовки к олимпиадам участники проходили психологические тренинги для улучшения личностных и психологических качеств. Для этого к подготовке привлекались психологи.

Траекторию подготовки участников и победителей областных олимпиад по информатике в соответствии с алгоритмом светлячков повторяли другие ученики, вовлеченные в олимпиадное движение. В результате повышения эффективности управления олимпиадным движением на основе предложенного метода на пятом году в рассматриваемом учреждении среднего образования на областную олимпиаду прошло 9 учеников, из которых 5 учеников получили дипломы. Тенденция изменения количества участников и победителей областной олимпиады из рассматриваемого учреждения в течение пяти лет представлена на рис. 4, 5.

Представленные зависимости подтверждают эффективность этапов применения описанного метода управления процессом обучения индивидуальному олимпиадному программированию с учетом того, что рост количества участников и победителей областных олимпиад в рассматриваемом учреждении общего среднего образования наблюдался на фоне отсутствия стабильного роста количества участников и победи-



Рис. 4. Тенденция изменения количества участников областной олимпиады рассматриваемого учреждения общего среднего образования

телей областной олимпиады в других учреждениях общего среднего образования г. Могилева.

Результаты участия команды рассматриваемого учреждения общего среднего образования г. Могилева в ВКОШП представлены в табл. 1.

В г. Бобруйске (Могилевская область, Республика Беларусь) был организован тренерский клуб, состоявший из педагогов, занимавшихся олимпиадным движением. В соответствии с описанным методом педагогами тренерского клуба осуществлялась подготовка школьников к областным олимпиадам. Отбор педагогов и школьников осуществлялся на основе оценки личностных и психологических качеств. Для подготовки педагогов и школьников привлекались победители областных и республиканских олимпиад Могилевской области. Траектории подготовки (включая подбор Интернет-ресурсов и учебных материалов) выстраивались на основе алгоритма светлячков. Во время проведения занятий со школьниками педагоги отбирали перспективных ребят с учетом личностных и психологически качеств, и с ними прорабатывали отобранный материал, выполняя тем самым окончательную подборку материалов для подготовки учащихся к олимпиаде. Результаты участия школьников г. Бобруйска (Могилевская область, Республика Беларусь) в областной олимпиаде по информатике представлены на рис. 6.

Из графика (рис. 6) видно, что в период активной работы тренерского клуба в г. Бобруйске наблюдался устойчивый рост количества победителей областной олимпиады по информатике. На пятом году работы клуба команда школьников г. Бобруйска получила диплом 2-й степени ВКОШП (рейтинг 33).

Отсутствие в Республике Беларусь официальных командных олимпиад для школьников не позволяет провести масштабный анализ подготовки к данному виду соревнований. Однако опыт участия школьников Могилевской области в Российских командных олимпиадах позволяет сделать следующие выводы:

1. Большое значение в результативности участия команды имеет общий уровень подготовки всех членов команды. Победители индивидуальных олимпиад могут успешно участвовать в командных турнирах при условии совместимости личностных и психологических качеств.

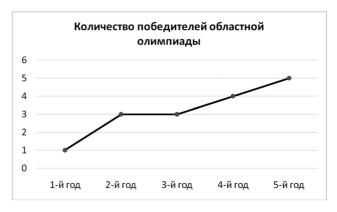


Рис. 5. Тенденция изменения количества победителей областной олимпиады рассматриваемого учреждения общего среднего образования

Таблица 1 Результаты участия команды в ВКОШП

Год	3-й	4-й	5-й
Рейтинг	24	21	6
Результат	Диплом 2-й	Диплом 2-й	Серебряная
	степени	степени	медаль

- 2. Наличие лидера в команде, обладающего необходимыми личностными и психологическими качествами, пользующегося авторитетом у членов команды, способного взять на себя ответственность за принимаемые решения значительно повышает результативность команды.
- 3. Выработка стратегии решения задач, обеспечивающей эффективное распределение задач между участниками, определение приоритета решаемых задач обеспечивают успех команде при выступлениях на олимпиале.

Заключение

В статье представлен метод управления процессом обучения олимпиадному программированию, отличающийся использованием алгоритма светлячков для выбора траектории подготовки к индивидуальным олимпиадам, учетом психологических особенностей при формировании команд для участия в командных

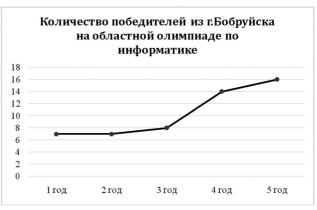


Рис. 6. Результаты участия школьников г. Бобруйска в областной олимпиаде по информатике

олимпиадах, использованием алгоритма косяка рыб для выбора стратегии решения задач при подготовке к командным олимпиадам.

Для повышения эффективности управления процессом обучения олимпиадному программированию реализовано программное обеспечение для автоматизации основных этапов разработанного метода.

Эффективность разработанного метода подтверждена результатами его апробации в одном из учреждений общего среднего образования г. Могилева, а также в тренерском клубе преподавателей информатики г. Бобруйска.

Список использованных источников

- В. А. Крайванова, Е. Н. Крючкова. Олимпиадное программирование как эффективный инструмент подготовки профессиональных программистов//Вестник НГУ. Серия: 1. «Информационные технологии». 2012. Т. 10. Вып. 4. С. 51-56.
- A. I. Popov, D. V. Polyakov. Methods of training students for team world championship in programming//Bulletin TSTU. 2012. Vol. 18. № 3. P. 762-766. 2.
- Н. П. Пучков, А. И. Попов. Олимпиадное движение как форма организации обучения в вузе: учеб.-метод. пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. 180 с.
- А. Ю. Родионов. Интеллект-тренинг для всех возрастов: Тренировка памяти, скорочтение, изучение иностранных языков, математические способности. СПб.: Питер, 2004. 176 c.
- Т. А. Барышева. Креативность. Диагностика и развитие: монография. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2002. 205 с. 5.
- Е. Ю. Бруннер. Лучше, чем супервнимание: методики диагностики и психокоррекции. Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. 316 с.
- А. П. Карпенко. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой: учебное пособие. 2-е изд. М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. 446 с.
- 0. П. Елисеев. Практикум по психологии личности. 3-е изд., перераб. СПб.: Питер, 2010. 512 с.
- Н. П. Фетискин, В. В. Козлов, Г. М. Мануйлов. Социально-психологическая диагностика развития личности и малых групп. М.: Издательство института психотерапии,
- С. П. Янукович, Т. В. Мрочек, Д. С. Ореховский. Контроль самостоятельной работы студентов ІТ-специальностей посредством автоматизации/Редкол.: М. Е. Лустенков (гл. ред.) и др.//Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Международной научно-технической конференции, Могилев, 25-26 апреля 2019 г. Могилев: Белорусско-Российский университет, 2019. С. 398.
- 11. Н. Е. Равикович. Тренинг командообразования. Цели, диагностические методики, игры. М.: Генезис, 2003. 112 с.
- Д. М. Рамендик. Тренинг личностного роста: учебное пособие. М.: Форум Инфра-М (Профессиональное образование), 2007. 176 с.

References

- 1. V. A. Krayvanova. Olympiad programming as an effective tool for training professional programmers//Bulletin of the Novosibirsk state university. Seriya: «Informatsionnye tekhnologii». 2012. Tom 10. № 4. P. 51-56. (In Russian.)
- A. I. Popov, D. V. Polyakov. Methods of training students for team world championship in programming//Bulletin TSTU. 2012. Vol. 18. № 3. P. 762-766.
- N. P. Puchkov. Olimpiadnoe dvizhenie kak forma organizatsii obucheniya v vuze [Olympiad movement as a form of organization of study at a university]. Tambov: Publishing 3. house Tambov State Technical University, 2009. 180 p.
- A. Yu. Rodionov. Intellekt-trening dlya vsekh vozrastov: Trenirovka pamyati, skorochtenie, izuchenie inostrannykh yazykov, matematicheskie sposobnosti [Intelligence training for all ages: memory training, speed reading, learning foreign languages, mathematical abilities]. St. Petersburg: Piter, 2004. 176 p.
 T. A. Barysheva. Kreativnost'. Diagnostika i razvitie: Monografiya [Creativity. Diagnosis and Development: Monograph]. St. Petersburg, Herzen State Pedagogical University
- 5. of Russia, 2002, 205 p.
- E. Yu. Brunner. Luchshe, chem supervnimanie: Metodiki diagnostiki i psikhokorrektsii [Better Than Supervision: Diagnostic and Psychocorrection Techniques]. Rostov-na-Donu: Feniks, 2006. 316 p.
- A. P. Karpenko. Sovremennye algoritmy poiskovoy optimizatsii. Algoritmy, vdokhnovlennye prirodoy: uchebnoe posobie [Modern search engine optimization algorithms. Algorithms inspired by nature]. Moscow: Bauman Moscow State Technical University, 2017. 446 p.
- 0. P. Eliseev. Praktikum po psikhologii lichnosti Workshop on personality psychology]. St. Petersburg: Piter, 2010. 512 p.
- N. P. Fetiskin. Sotsial'no-psikhologicheskaya diagnostika razvitiya lichnosti i malykh grupp [Socio-psychological diagnosis of the development of personality and small groups]. Moscow: Publishing Institute of Psychotherapy, 2002. 339 p.
- S. P. Yanukovich, T. V. Mrochek, D. S. Orekhovskiy. [Control of independent work of students of IT-specialties through automation]. Materialy, oborudovanie i resursosberegayushchie tekhnologii: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii [materials International scientific and technical conference «Materials, equipment and resource-saving technologies»]. Mogilev: Belarusian-Russian University, 2019. 398 p. (In Russian.)
- N. E. Ravikovich. Trening komandoobrazovaniya. Tseli, diagnosticheskie metodiki [Team building training. Goals, diagnostic techniques, games]. Moscow: Genezis, 2003. 112 p.
- D. M. Ramendik. Trening lichnostnogo rosta: Uchebnoe posobie [Personal Growth Training: Study Guide]. Moscow: Forum: Infra-M (Professional noe obrazovanie), 2007. 176 p.