

# Построение компьютерной системы профориентации выпускников средних образовательных заведений на базе генетического алгоритма

**Цель статьи** представить результаты исследования по разработке генетического алгоритма для решения задач профориентации выпускников средних образовательных заведений и проверка возможности его реализации в компьютерной системе. Вопрос профориентации выпускников по-прежнему остается актуальным, проблемным и до конца не решенным. По мнению авторов, внедрение технологий искусственного интеллекта в системы профориентации является перспективным направлением, на которое следует обратить внимание. Генетические алгоритмы широко применяются для решения поисковых и оптимизационных задач в различных предметных областях. Авторы предлагают автоматизировать процесс выявления склонности выпускников средних образовательных заведений к тому или иному роду деятельности путем построения программной системы профориентации на базе генетического алгоритма.

**Материалы и методы:** Для выявления предрасположенности индивидуума к конкретному виду деятельности необходимо иметь перечень требований и противопоказаний к профессии. В числе способов описания норм и требований к претенденту-специалисту профессиограммы, списки необходимых компетенций и другие. Определить характеристики индивидуума, влияющие на выбор профессии, позволяют специальные тесты, активизирующие опросники и анкеты, оценки по школьным предметам. Сопоставление личностных характеристик и требований авторы осуществляют посредством генетического алгоритма. Генетические алгоритмы относятся к группе

эволюционных методов и базируются на эволюционной теории. В числе их достоинств концептуальная простота и широкая применимость, устойчивость к динамическим изменениям окружающей среды и способность к самоорганизации.

**Результаты:** Разработан генетический алгоритм, в котором в качестве исходной информации для создания новой популяции приняты оценки аттестата индивидуума. На основе этих оценок формируется начальная популяция профессий. В результате скрещивания пары особей из родительской популяции получается потомок, хромосома которого состоит из генов обоих родителей. Отбор выживших экземпляров осуществляется на основе процента успеха в освоении каждой из профессий в списке и функции приспособленности. Разработанный алгоритм был реализован в программной системе. Как показали эксперименты, генетический алгоритм успешно справляется с задачей поиска оптимального списка профессий по заданному критерию.

**Заключение:** Результаты исследования показывают, что применение генетических алгоритмов предоставляет удобные механизмы внедрения методов искусственного интеллекта в сферу профориентации, что позволяет повысить качество рекомендаций по выбору профессии.

**Ключевые слова:** профориентация, профессиограмма, методы профориентации, генетический алгоритм, искусственный интеллект, эволюционные методы, программная система.

Anna P. Sergushicheva, Elena N. Davydova  
Vologda State University, Vologda, Russia

# Building a Computer Vocational Guidance System for Graduates of Secondary Educational Institutions Based on a Genetic Algorithm

**The purpose of the article** is to present the results of a study on the development of a genetic algorithm to solve the problems of career guidance for graduates of secondary educational institutions and to verify the possibility of its implementation in a computer system. The issue of career guidance for graduates is still relevant, problematic and not fully resolved. According to the authors, the introduction of artificial intelligence technologies in career guidance systems is a promising area that should be paid attention to. Genetic algorithms are widely used to solve search and optimization problems in various subject areas. The authors propose to automate the process of identifying the tendency of secondary school graduates to a particular type of activity by building a vocational guidance system based on a genetic algorithm.

**Materials and methods.** To identify an individual's predisposition to a specific type of activity, it is necessary to have a list of requirements and contraindications to the profession. Among the ways of describing the norms and requirements for the applicant-specialist

are profессиограммы, lists of necessary competencies and others. To determine the characteristics of the individual that affect the choice of profession, it is possible to use special tests, activating questionnaires, grades in school subjects. The authors carry out the comparison of personality characteristics and requirements through a genetic algorithm. Genetic algorithms belong to the group of evolutionary methods and are based on the evolutionary theory. Among their advantages are conceptual simplicity and wide applicability, resistance to dynamic environmental changes and the ability to self-organize.

**Results.** The genetic algorithm has been developed, in which as a source of information for creating a new population individual certificate evaluations are accepted. Based on these estimates, an initial population of professions is formed. As a result of crossing a pair of individuals from the parent population, a descendant is obtained whose chromosome consists of the genes of both parents. The selection of surviving specimens is based on the percentage of success in the development of each of the professions in the list and

the fitness function. The developed algorithm was implemented in a software system. As experiments showed, the genetic algorithm successfully copes with the task of finding the optimal list of professions according to a given criterion.

**Conclusion.** The results of the study show that the use of genetic algorithms provides convenient mechanisms for introducing artificial

intelligence methods into the field of career guidance, which improves the quality of recommendations for choosing a profession.

**Keywords:** career guidance, professiogram, career guidance methods, genetic algorithm, artificial intelligence, evolutionary methods, software system.

## Введение

Одним из направлений деятельности педагогов средних образовательных заведений является профориентация. К моменту завершения школьного обучения выпускники должны определиться с направлением своего дальнейшего образования. Выбор подходящей человеку профессии обеспечит ему, как минимум, радость и моральное удовлетворение от работы, реализацию индивидуальных возможностей. Преподаватели профессионального образования получают при этом студентов, лучше успевающих по их дисциплинам и более мотивированных к обучению, а экономика страны в будущем — более квалифицированных специалистов. Тема профориентации может быть интересна и взрослым, которые по ряду причин (сложная социально-экономическая ситуация в регионе, семейные обстоятельства, отсутствие морального или материального удовлетворения) решили сменить род трудовой деятельности.

Решению вопросов профориентации и основным аспектам становления субъекта профессиональной деятельности посвящено значительное количество работ отечественных и зарубежных авторов. В их числе Э.Ф. Зеер, Е.А. Климов, С.П. Крягжде, М.Р. Щукин, Д. Сюпер, Дж. Холланд и другие [1–5]. В диссертационных исследованиях (например, [6–12]) представлены технологии профессионального самоопределения и трудового воспитания школьников и перспективы профориентационной деятельности, анализируются психологические барьеры профессионального развития личности.

На данный момент существует множество методик для определения склонности человека к тому или иному роду деятельности. В их числе методики Дж. Холланда, Д. Кейерси, О.Ф. Потемкиной, Е.А. Климова, Г. Резапкиной, А.Е. Голомштока, Л. Йовайши, Н. Пряжникова, Дж. Коллинза и другие [3, 13–15]. В большинстве методик во внимание принимаются психологические и психофизические качества человека, текущий и потенциальный уровень его интеллектуального развития. Например, в соответствии с методикой Йовайши с помощью опросника исследуется склонность индивидуума к шести направлениям деятельности. Это склонность к интеллектуальной и исследовательской работе, к работе с людьми, к практической, планово-экономической, эстетической и экстремальной деятельности. По ответам на вопросы респондента судят о его предпочтениях. В результате получаем распределение его склонностей по степени выраженности между перечисленными направлениями и список подходящих профессий.

По мере развития общества и изменения списка востребованных профессий и требований к ним, меняются и представления о целях, задачах, формах, методах и сущности профориентации. Например, в работе [16] предлагается для отбора абитуриентов в университеты условиях SMART-общества использовать информационную систему, построенную на модели точечного выявления людей со склонностями к получению определенных компетенций. По мнению авторов указанной

работы, такой подход может способствовать раннему профессиональному самоопределению абитуриентов и повышению качества образования за счет их дополнительной мотивированности к обучению. Потенциальный работодатель при этом может прогнозировать собственное развитие в части создания и заполнения новых рабочих мест кадрами, отвечающими актуальным требованиям.

Об актуальности проблемы говорит и наличие значительного количества Интернет-ресурсов, посвященных профориентации. Как правило, на сайте размещается какой-либо опросник. Например, простой и понятный тест Йовайши можно пройти онлайн за 5–10 минут на странице [17].

Несмотря на развитие в наши дни информационных технологий, подавляющее большинство учебных заведений не имеют инструментов автоматизации процесса профориентации: результаты тестирования обрабатываются вручную. Кроме того, акцент в существующих информационных системах делается на личностные качества и предпочтения. Между тем, способности к тем или иным видам деятельности нередко выражаются в успешности изучения дисциплин (в том числе и школьного курса). Например, в статье [18] обсуждается влияние качества образования и мотивации к обучению на трудоустройство.

Исходя из выше сказанного, можно сделать вывод, что вопрос профориентации выпускников средних образовательных учреждений является актуальным, проблемным и до конца не решенным. Авторы предлагают автоматизировать

процесс выявления склонности выпускников средних образовательных заведений к тому или иному роду деятельности путем построения программной системы профориентации на базе генетического алгоритма. Генетические алгоритмы — одно из направлений реализации искусственного интеллекта. Они широко применяются для решения поисковых и оптимизационных задач в различных предметных областях. В данной статье описан опыт авторов по реализации генетического алгоритма в прикладной системе профориентации.

#### **Методы профориентации и алгоритм выявления предрасположенности индивидуума к конкретному виду деятельности**

Одной из предпосылок выбора профессии выпускниками средних образовательных заведений является традиция (семейные династии, например). Очень часто направление дальнейшего обучения выбирают случайно или исходя из представлений о долге, миссии. Опыт показывает, что и в этом случае есть люди, довольные своей работой. Цель профориентации — увеличить количество таких людей за счет их сознательного определения целей своей профессиональной деятельности, исходя из анализа своих возможностей и предпочтений, реальных проблем и путей их решения.

Выбор индивидуумом формы трудовой занятости и путей реализации личности, эффективное прогнозирование профессиональной успешности в выбираемой сфере, содействие росту профессионального мастерства и удовлетворенности личности трудом, общественным положением — одна из задач профориентации. Другая задача обеспечить интересы государства и, в конечном итоге, работодателей — получить

необходимых высококлассных специалистов, достижение согласованности и сбалансированности между профессиональными интересами людей и потребностями рынка труда. В.Д. Симоненко считал профориентацию «педагогической по методам, социальной по содержанию, экономической по результатам и государственной по организации работы» [19].

Профориентация представляет собой объект исследования разных наук. Поэтому существует несколько подходов к трактовке этого понятия. Так педагоги определяют профориентацию как «...научно-практическую систему подготовки учащихся к свободному сознательному выбору профессии» [20] или «...целенаправленную деятельность, связанную с формированием у подрастающего поколения профессиональных интересов и склонностей в соответствии с личными способностями, потребностью общества и пригодностью к той или иной профессии». Психологи видят в ней процесс, содержащий два, связанных между собой, аспекта: «принятия оптимального решения о своем профессиональном выборе и воздействия на психику оптанта с целью формирования у него профессиональных намерений» [21]. В социологии и экономике «профориентация — это совокупность социально-экономических отношений между обществом и его членами по вопросу формирования специализированной рабочей силы с учетом общественных потребностей в ней» [22].

Стремление систематизировать различные аспекты профориентации привело к появлению профориентологии, основатели которой утверждают, что профориентация невозможна без применения форм и методов педагогического и психологического воздействия, без учета социально-экономической ситуации

и форм организации научного управления профориентационным процессом, без нормативно-правового обеспечения профориентации [2].

Методы, используемые в профориентационной работе, можно разделить на две группы: информирование (просвещение, консультации, беседы, экскурсии) и диагностику (как психологическую, так и медицинскую). Путем диагностики определяют интересы и склонности человека к определенным профессиям. Она может применяться как для профориентации, так и для профотбора.

Алгоритм выявления предрасположенности индивидуума к конкретному виду деятельности включает следующую последовательность действий: 1) необходимо составить перечень требований и противопоказаний к профессии, 2) необходимо отобрать характеристики личности человека, которые важно учитывать, 3) необходимо определить методы измерения этих характеристик и способы сравнения их с нормой.

1) Список и обобщенное описание норм и требований к претенденту-специалисту содержит профессиограмма. Как правило, в этом списке присутствуют сведения о профессии и доминирующие виды деятельности. Также указываются личностные качества, обеспечивающие успешность профессиональной деятельности и качества, ей препятствующие (умения и навыки, уровень и специализация образования, психофизиологические и медико-физиологические характеристики и т.п.). Структура профессиограмм и схемы их составления могут различаться на разных предприятиях.

Другой вариант описания требований к профессионалу — через список компетенций, отражаемых в образовательных и базовых профессиональных стандартах. В работе [23] показано, как такой перечень



позволяет наиболее полно и конкретно определить необходимый при обучении по направлению подготовки набор и содержание знаний, умений и навыков, рационально распределить их между учебными дисциплинами. Аналогично через компетенции можно описать конкретную профессию.

2) Выбираемые для оценивания характеристики индивидуума должны быть сопоставимы с соответствующими требованиями, перечисленными в профессиограмме (или списке необходимых компетенций). Для каждой профессии требуется определенная совокупность знаний, умений и навыков. На этапе профориентации выпускник общеобразовательного учреждения, как правило, ими не обладает. Однако, мы можем оценить вероятность их успешного приобретения по уровню освоения обучающимся школьных дисциплин, по преобладающему у него способу мышления. Также могут учитываться предпочтения человека в соответствии с типологией его личности (по Дж. Голланду, Е.А. Климову или др.) [3,13]. Например, определяют, с чем/кем (с другими людьми, с природой, с художественными образами, знаковыми системами или с техникой) он взаимодействует охотнее, какая деятельность (познавательная, преобразовательная или изыскательская) нравится ему больше.

3) Предрасположенность выпускника к приобретению знаний того или иного типа будем определять по школьным оценкам. Необходимый уровень знаний может быть высоким, средним или низким. Для измерения склонности человека к определённому роду деятельности нашли широкое применение специальные тесты, активизирующие опросники и анкеты, составленные по различным методикам. Помимо центров трудоустройства

и профориентации школьников подобные тесты проводят некоторые учебные заведения. Распространено тестирование на бумажных носителях. Реже используются информационные системы сторонних разработчиков.

Авторами рассмотрен ряд сервисов, предоставляющих доступ к своим тестам и анкетам посредством сети Интернет как на платной, так и на бесплатной основах. В их числе сайты Центра развития и тестирования «Гуманитарные технологии» (<http://www.proforientator.ru>) и Академии профессионального образования ([http://www.spbapo.ru/proforient\\_school](http://www.spbapo.ru/proforient_school)), веб-ресурсы Тест на профориентацию (<http://proftester.ru>) и Психологические тесты (<http://www.effecton.ru/730.html>) и некоторые другие. Акцент делался на ресурсы, содержащие не менее 3-х методик профориентационного тестирования, предоставляющие возможность прохождения компьютерного тестирования и выдающие результат сразу после окончания тестирования или путем отправки их на электронную почту. Например, Тест на профориентацию содержит три методики исследования: дифференциально-диагностический опросник, опросник профессиональной готовности, опросник профессиональной направленности Д. Голанда. А демоверсия Психологических тестов позволяет пройти не более 5 тестовых исследований.

Анализ указанных ресурсов показал, что тестирование в режиме «онлайн», как правило, доступно только в демонстрационной версии, что профессиональное комплексное тестирование с консультацией психолога (и возможно с участием родителей), в большинстве случаев является платной услугой. Между тем, нельзя быть до конца уверенным в корректности подведе-

ния результатов в силу того, что используемые методики и алгоритмы подобного профориентационного исследования остаются в тени. Также обращает на себя внимание тот факт, что среди средних специальных и высших учебных заведений лишь единицы имеют собственные информационные системы по профориентации школьников – абитуриентов.

Информацию о предпочтениях можно также получить в ходе профориентационных тренингов, игр и упражнений, специально организованных дискуссий. Однако в этом случае, данные труднее систематизировать, а организовать их автоматический сбор и вывод рекомендаций практически невозможно.

#### Основные аспекты и области применения генетических алгоритмов

Генетические алгоритмы относятся к группе эволюционных методов и базируются на эволюционной теории. По этой теории движущей и направляющей силой эволюции является естественный отбор, т.е. предполагается наличие шага непрерывающейся генерации новых структур искомого объекта и некоторого механизма выделения из них самых сильных и полезных экземпляров (решений, структур, особей, алгоритмов) [24].

Как и в биологических системах, в программных приложениях, реализующих генетические алгоритмы, многократно выполняется эволюционный цикл: создание новой популяции – скрещивание и размножение – селекция (отбор).

Моделирование эволюционного процесса начинают с создания начальной популяции. В ее состав включают некоторое число случайно отобранных индивидуумов со случайным набором хромосом (числовых векторов). Индиви-

дуумы должны соответствовать «формату» и быть «приспособленными к размножению». Оценивается их выживаемость. Велика вероятность, что полученная популяция не будет соответствовать принятым требованиям и что алгоритм эту проблему исправит.

Следующий шаг — скрещивание и размножение. Аналогично скрещиванию в живой природе здесь производится рекомбинация решений-кандидатов. Использование оператора «скрещивания» является отличительной особенностью генетического алгоритма. Для получения потомка требуется два родителя. Потомок наследует черты обоих родителей. Жизненный цикл популяции — это несколько случайных скрещиваний (например, посредством кроссовера) и мутаций (изменений параметров особей), в результате которых к популяции добавляется какое-то количество новых индивидуумов. Мутации добавляют, если выживаемость потомков падает по сравнению с выживаемостью родителей.

Завершает эволюционный цикл селекция и формирование нового поколения. Из полученной популяции выбирают тех, кто «пойдет дальше». При этом долю «выживших» после отбора заранее определяют и указывают в виде параметра. Остальные особи должны погибнуть.

Далее к новой популяции опять применяются операции кроссовера и мутации, производят отбор. Эти шаги повторяются до тех пор, пока результат не начнет нас удовлетворять или количество поколений (циклов) достигнет заранее выбранного максимума или пока не будет исчерпано время на мутацию.

К недостаткам генетических алгоритмов относят отсутствие эффективных критериев окончания работы алгоритма, проблемы выбора его параметров (мощность популяции, вероят-

ность генетических операторов и т.д.), сложности определения приспособленности особей (фитнесс-функции), необходимость в достаточно больших вычислительных ресурсах.

Преимуществами алгоритма является концептуальная простота и широкая применимость, устойчивость к динамическим изменениям окружающей среды и способность к самоорганизации. Генетические алгоритмы могут комбинироваться с другими более традиционными методами и в явном виде учитывать априорные знания (например, в виде специальных проблемно-ориентированных генетических операторов). Эволюционные методы легко реализуются в многопроцессорных распределенных компьютерных системах, так как оценка приспособленности (значения фитнесс-функции), может для различных особей выполняться параллельно.

Генетический алгоритм широко применяется для решения поисковых и оптимизационных задач в различных предметных областях. Например, в работе [25] представлен подход к построению деревьев классификации данных, позволяющий отобрать наиболее существенные признаки объектов и повысить точность классификации за счет оптимизации структуры дерева. О популярности алгоритма и разнообразии целей и вариантов его использования, об интересе к нему ученых говорит и тот факт, что в eLIBRARY.RU по запросу «генетический алгоритм» нашлось более пяти тысяч журнальных статей и около двухсот диссертаций (из них 58 приходится на последние 10 лет).

Задачу выбора профессии также можно сформулировать как поисково-оптимизационную. Поэтому авторы данной статьи предлагают строить систему профориентации на базе генетического алгоритма.

## Построение генетического алгоритма для компьютерной системы профориентации

Задачу разработки генетического алгоритма для компьютерной системы профориентации, сформулируем следующим образом. Исходной будем считать информацию о предпочтениях, индивидуальных особенностях человека и его успехах в изучении различных дисциплин. Существующие методики не дают конкретной оценки подготовленности человека к той или иной профессии, а призваны определить склонность человека к одной из 5–7 областей деятельности. Поэтому поставим цель получить в результате работы алгоритма список из пяти профессий с указанием процента успеха в освоении каждой из них.

Разработку алгоритма начнем с определения способов получения системой исходной информации. Можно провести анкетирование в соответствии с одной или несколькими методиками, перечисленными в первом разделе данной статьи. Другой способ — тестирование. Тестированием можно определить и уровень знаний индивидуума в соответствующей предметной области, и его склонности к различным видам деятельности, и личностные характеристики. Можно анкетирование совместить с тестированием. В последних двух случаях появляется риск того, что список заданий и вопросов разрастется до очень больших размеров, и, следовательно, потребует значительного количества времени и сил респондента, соответственно возрастет вероятность неискренних ответов на вопросы. Однако, об уровне знаний индивидуума в различных предметных областях можно судить и по оценкам в его аттестате (дневнике). Крен успеваемости в сторону определенных предметов будет говорить о

предпочтениях и склонностях выпускника. Ввод оценок не займет много времени и его достаточно просто реализовать в программной системе.

Таким образом, в качестве исходной информации для создания новой популяции целесообразно принять оценки аттестата индивидуума или его оценки за последний год обучения. На основе этих оценок сформируем начальную популяцию, состоящую из особей, представленных в виде случайно сгенерированного списка профессий. К этому списку добавятся оценки выпускника по каждому из требуемых предметов, представленному на рис. 1.

Формирование следующей популяции будет выполнено путем скрещивания особей точным методом. Согласно этому методу выбираются пары особей из родительской популяции. После этого для каждой пары родителей случайным образом выбирается позиция гена, определяющая точку скрещивания. Точка скрещивания представляет собой натуральное число, меньше длины хромосом каждого из родителей. Поэтому определение точки скрещивания будет являться, по своей сути, случайным выбором натурального числа на интервале  $[1, \text{длина\_хромосомы\_родителя} - 1]$ .

В результате скрещивания получается потомок, хромосома которого на позициях от 1 до точки скрещивания состоит из генов первого родителя (первый список профессий), а на позициях от точки скрещивания +1 до конца хромосомы — из генов второго родителя (второй список профессий). В нашем случае ген особи — список профессий, будет представлен в виде перечисления предметов, необходимых для успешного освоения этих профессий в дальнейшем и оценок, которые имеет выпускник по этим предметам. Основываясь на оценках выпускника,

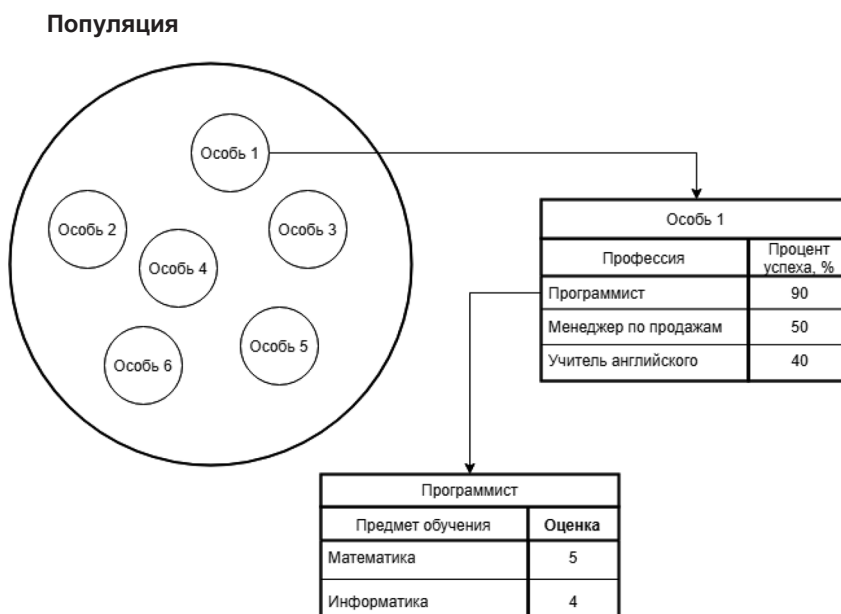


Рис. 1. Содержимое особи

будет рассчитываться процент успеха в освоении этой профессии в будущем. Процедура скрещивания изображена на рис. 2.

Помимо скрещивания, существует маленький шанс того, что особь мутирует. В случае мутации особи, она заменит один из своих генов, т.е. одну из профессий в списке, выбранную случайным образом на другую, так же выбранную случайным образом.

В ходе селекции будет выполнен отбор наиболее приспособленных особей и уда-

ление из популяции менее приспособленных особей (в нашем случае менее подходящих профессий). Отбор осуществляется на основе процента успеха в освоении каждой из профессий в списке и функции приспособленности. Учитывая тот факт, что количество профессий в списке фиксировано и равно 5, то в качестве функции приспособленности можно использовать сумму максимально возможных значений позиции, определяющей процент успеха. В данном случае это число

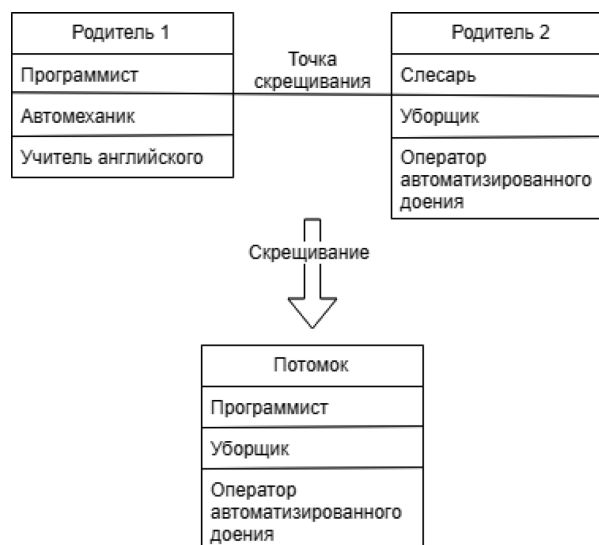


Рис. 2. Визуально представление процедуры скрещивания точным методом



500, представляющее собой сумму 5-и значений, равных 100.

Для определения приспособленности выпускника к той или иной профессии вычисляется сумма значений позиций, определяющих процент успеха, и сравнивается с функцией приспособленности. Считается что, чем выше процент соответствия значения приспособленности выпускника и значения функции приспособленности, тем больше приспособлен выпускник к рекомендованной профессии.

Например, функция приспособленности  $F = 500$ . Оценкам выпускника соответствует 5 списков профессии с процентом успеха  $I_1 = 90$ ,  $I_2 = 30$ ,  $I_3 = 40$ ,  $I_4 = 50$ ,  $I_5 = 80$ .

Тогда приспособленность выпускника  $I_f$  будет равняться:

$$I_f = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 \quad (1)$$

Полученное по формуле (1), значение приспособленности выпускника, равное 290, сравнивается с функцией приспособленности  $F$  и определяется степень их соответствия  $E$ :

$$E = I_f / F \quad (2)$$

Полученная по формуле (2), степень соответствия, равная 0.58, определяет близость значения приспособленности выпускника к значению функции приспособленности. Чем ближе значение степени соответствия к 1, тем приспособленнее выпускник к конкретной профессии.

После определения приспособленности каждого выпускника, удаляется определенный процент наименее рекомендованных ему профессии и формируется новое поколение.

Далее снова происходит скрещивание и цикл жизни и смерти повторяется, пока не будет найдена профессия с необходимым значением степени соответствия или по достижению определенного количества повторений.

В результате работы информационная система долж-

на сформировать список из пяти профессий, подходящих выпускнику. Для каждой из них должен выводиться также ожидаемый в будущем процент успеха в освоении профессии.

#### Реализация генетического алгоритма в программной системе

Разработанный алгоритм был реализован в программной системе, которая на основании оценок ученика по всем дисциплинам школьной программы формирует список оптимальных для данного индивидуума профессий.

В данной версии системы особи реализованы в виде структуры с именем Individual, состоящей из:

- переменной целочисленного значения с именем fitness, хранящей числовое значение приспособленности особи;

- переменная типа данных с плавающей запятой (float) с именем likelihood. Эта переменная содержит в себе значение вероятности скрещивания особи;

- ассоциативного массива с именем allele. В качестве ключа данный массив имеет наименование профессии, а в качестве значения – другой ассоциативный массив со значением, представляемым в виде наименования учебной дисциплины, а значение – это оценка ученика по данной дисциплине;

- перегруженного оператора сравнения ( $==$ ), предназначенного для сравнения особей.

В ходе работы был создан класс, реализующий работу, генетического алгоритма. Данный класс включает в себя:

- конструктор с параметром, принимающий на вход ассоциативный массив, который, в свою очередь, представляет собой список учебных дисциплин и оценки тестируемого по данным дисциплинам;

- метод Solve, осуществляющий поиск оптимального решения;

- метод GetGen, возвраща-

ющий конкретную особь из текущей популяции;

- массив population типа individual, предназначенный для содержания в нем особей;

- метод Fitness с параметром в качестве указателя на особь. Данный метод призван рассчитывать значение приспособленности особи;

- метод CreateFitness, занимающийся расчетом значения приспособленности для особей всей популяции, используя при этом метод Fitness;

- метод MultInv рассчитывает общую приспособленность популяции с целью дальнейшего вычисления вероятности скрещивания для каждой особи в популяции;

- метод GenerateLikelihoods. Данный метод занимается расчетом вероятности скрещивания для всех особей в популяции. Расчет происходит на основе результата, возвращаемого методом MultInv;

- метод CreateNewPopulation создает новую популяцию путем скрещивания наиболее приспособленных особей, поиск которых осуществляется с помощью метода GetIndex. Происходит это следующим образом. Метод CreateNewPopulation два раза подряд вызывает GetIndex со случайно сгенерированным числом от 1–100 в качестве параметра (val). GetIndex осуществляет поиск внутри популяции такой особи, значение приспособленности которой больше либо равно параметру val. Помимо этого, в условие возврата индекса особи методом GetIndex искомой особи входит такой момент, что значение параметра val должно быть больше значения приспособленности особи, рассмотренной в прошлом. За счет этого, собственно, и осуществляется поиск наиболее приспособленных особей. После получения индексов двух особей в дело вступает метод Breed;

- метод Breed принимает на вход в качестве параметров два индекса разных особей, после

чего генерирует точку скрещивания. Затем создается новая особь, которой присваиваются гены одного из родителей. Далее следует определение того, где будут располагаться гены второго родителя, до точки скрещивания или после. Происходит это генерацией случайного числа от 1 до 100. Если сгенерированное число больше 50, то гены второго родителя будут располагаться после точки скрещивания, если число меньше 50 – до точки скрещивания. Таким образом происходит создание потомственной особи. Далее следует запись потомка в массив новой популяции.

### Результаты экспериментов

Работа с системой начинается с создания текстового файла (посредством данной программы или текстового редактора Блокнот), в котором должны быть перечислены учебные дисциплины и оценки ученика по этим дисциплинам. Пример заполнения файла оценками представлен на рис. 3. Список профессий и требуемых для них дисциплин, хранится в отдельном xml-файле.

При выполнении анализа оценки ученика считываются из текстового файла и записываются в ассоциативный массив. Массив используется для вызова конструктора класса, отвечающего за генетический алгоритм, с параметром в виде ассоциативного массива. В результате вызова конструктора создается объект класса CGA, к нему применяется метод Solve и происходит выполнение генетического алгоритма. В результате формируется список профессий, представленный на рис. 4.

Таким образом, генетический алгоритм успешно справляется с задачей поиска оптимального списка профессий по заданному критерию, в качестве которого на сегодня выступает оценочная характеристика знаний человека по учебным дисциплинам.

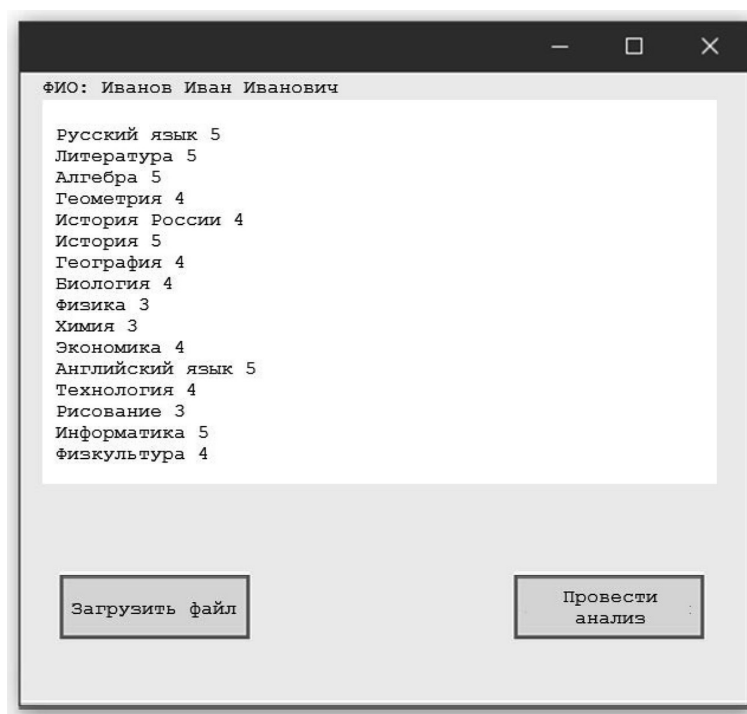


Рис. 3. Заполнение текстового файла с оценками

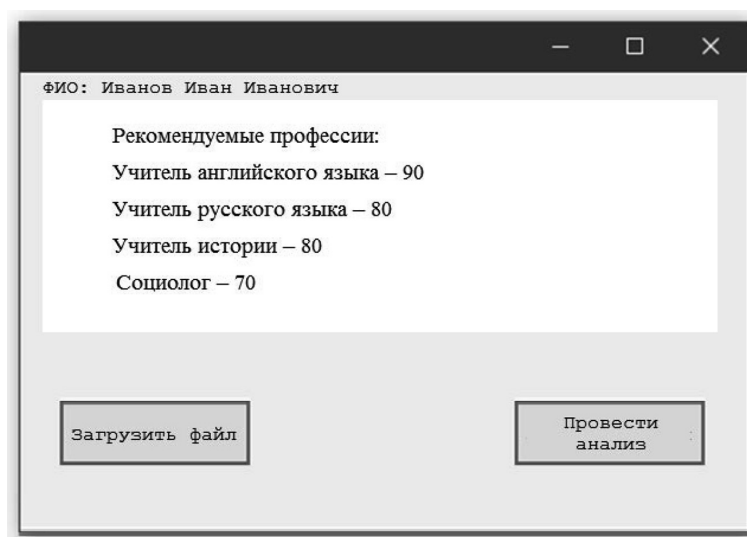


Рис. 4. Результат работы программы

### Заключение

К настоящему времени представленный в статье генетический алгоритм реализован в первой версии компьютерной системы профориентации. Поиск оптимума пока производится только на основании оценок выпускника по учебным дисциплинам, а список возможных профессий невелик. Планируется расширить список критериев выбора, включив в их число такие фак-

торы как, например, психологические и психофизические особенности личности, также влияющие на дальнейшее развитие человека, как специалиста той или иной области.

Результаты исследования показывают, что применение генетических алгоритмов предоставляет удобные механизмы внедрения методов искусственного интеллекта в сферу профориентации, что позволяет повысить качество рекомендаций по выбору профессии.



## Литература

1. Зеер Э.Ф. Психология профессий: уч. пособие для студентов вузов. М.: Академический Проект; Екатеринбург: Деловая книга, 2003. 336 с.
2. Зеер Э.Ф., Павлова А.М., Садовникова Н.О. Основы профориентологии. М.: высшая школа, 2005. 157 с.
3. Климов Е.А. Психология профессионального самоопределения. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 304 с.
4. Крягжде С.П. Психология формирования профессиональных интересов. Вильнюс: Мокслас, 1981. 196 с.
5. Носкова О. Г. Общепсихологическая теория деятельности и проблемы психологии труда // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. 2014. № 3. С. 104–121.
6. Миралиев А.М. Педагогическая система подготовки студентов к организации профессиональной ориентации и трудового воспитания школьников: диссертация доктора педагогических наук: 13.00.01. Душанбе. 2006. 283 с.
7. Андреева Л.И. Профессиональное самоопределение школьников в условиях инновационной деятельности общеобразовательного учреждения: диссертация доктора педагогических наук: 13.00.08. Тольятти, 2010. 462 с.
8. Старикова Л.Н. Профориентация и профессиональное самоопределение студентов средней профессиональной школы: диссертация кандидата социологических наук: 22.00.04. Пермь, 2009. 207 с.
9. Балюк А.Д. Профессиональная ориентация в системе социализации молодежи: на примере Ростовской области: автореферат диссертации кандидата социологических наук: 22.00.06. Тюмень, 2014. 31 с.
10. Минажетдинова А.И. Профессиональная ориентация учащейся молодежи в системе социально-трудовых отношений: диссертация кандидата экономических наук: 08.00.05. Москва, 2013. 204 с.
11. Кошелева Т.В. Профессиональная ориентация учащихся общеобразовательной школы на педагога-психолога: антропологический подход: диссертация кандидата педагогических наук: 13.00.01. Москва, 2013. 248 с.
12. Джанерьян С.Т. Профессиональная Я-концепция: диссертация доктора педагогических наук: 19.00.01. Ростов-на-Дону, 2005. 603 с.
13. Holland J.P. Adaptation in Natural and Artificial Systems. An Introductory Analysis

With Application to Biology. Control and Artificial Intelligence. University of Michigan. 1975. 210 p.

14. Пряжников Н.С. Профессиональное самоопределение: теория и практика: учебное пособие. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 320 с.
15. Овчинникова С.В. Личностно ориентированные игровые технологии как средство профессиональной ориентации старшеклассников: диссертация кандидата педагогических наук: 13.00.01. Карачаевск, 2006. 180 с.
16. Молчанов А.С., Калашникова, Т.Г. Новая модель отбора абитуриентов в университеты в условиях SMART-общества // Открытое образование. 2017. Т. 22. № 1. С. 51–58.
17. Определение профессиональных склонностей: опросник Йовайши. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: ProfOrientatsia.ru>test/opredeleniesklonnostej
18. Глушач Н.Н., Кинфу З.Т. Тенденции эффективного самообразования российской молодежи в перспективе трудоустройства // Открытое образование. 2017. Т. 22. № 5. С.97–106.
19. Симоненко, В.Д. Общая и профессиональная педагогика. Учебное пособие для студентов педагогических вузов. Под ред. В. Д. Симоненко. М.: Вентана-Граф, 2006. 368 с.
20. Чистякова С.Н. Актуальность проблемы профессионального самоопределения обучающихся в современных условиях // Профессиональное образование и рынок труда. 2018. № 1. С. 54–60.
21. Шавир П. А. Психология профессионального самоопределения в ранней юности. М.: Педагогика, 1981. 96 с.
22. Саруханов Э.Р., Сотникова С. И. Проблемы управления профессиональной ориентацией молодежи на профессии высшей квалификации Л.: Издательство Ленинградского финансово-экономического института, 1991. 163 с.
23. Полянский А.М., Смирнова Е.А. Проектирование рабочей программы дисциплины на основе элементов компетенций // Открытое образование. 2018. Т. 22. № 3. С. 35–51.
24. Курейчик В.М. Генетические алгоритмы. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1998.
25. Ржеуцкий А.В., Ржеуцкая С.Ю. Метод построения дерева классификации на основе генетического алгоритма комбинирования эвристик // Системы управления и информационные технологии. 2011. № 2(44). С. 62–66.

## References

1. Zeyer E.F. Psikhologiya professiy : uch. posobiye dlya studentov vuzov = Psychology of professions: Tutorial for university studentp. Moscow: Academic Project; Yekaterinburg: Business Book; 2003. 336 p. (In Russ.)

2. Zeyer E.F., Pavlova A.M., Sadovnikova N.O. Osnovy proforiyentologii = Fundamentals of career guidance. Moscow: higher school; 2005. 157 p. (In Russ.)
3. Klimov Ye.A. Psikhologiya professional'nogo samoopredeleniya = Psychology of professional

self-determination. Moscow: Publishing Center «Academy»; 2004. 304 p. (In Russ.)

4. Kryagzhde S.P. Psikhologiya formirovaniya professional'nykh interesov = Psychology of the formation of professional interests. Vilnius: Moxlas; 1981. 196 p.

5. Noskova O. G. General psychological theory of activity and problems of psychology of work. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14: Psikhologiya = Bulletin of Moscow University. Series 14: Psychology. 2014; 3: 104–121. (In Russ.)

6. Miraliyev A.M. Pedagogicheskaya sistema podgotovki studentov k organizatsii professional'noy oriyentatsii i trudovogo vospitaniya shkol'nikov: dissertatsiya doktora pedagogicheskikh nauk = The pedagogical system of preparing students for the organization of vocational guidance and labor education of schoolchildren: the dissertation of the doctor of pedagogical sciences: 13.00.01. Dushanbe, 2006. 283 p.

7. Andreyeva L.I. Professional'noye samoopredeleniye shkol'nikov v usloviyakh innovatsionnoy deyatel'nosti obshcheobrazovatel'nogo uchrezhdeniya: dissertatsiya doktora pedagogicheskikh nauk = Professional self-determination of schoolchildren in the conditions of innovative activity of a general educational institution: the dissertation of a doctor of pedagogical sciences: 13.00.08. Tolyatti, 2010. 462 p. (In Russ.)

8. Starikova L.N. Proforiyentatsiya i professional'noye samoopredeleniye studentov sredney professional'noy shkoly: dissertatsiya kandidata sotsiologicheskikh nauk = Career guidance and professional self-determination of students of secondary vocational school: the dissertation of the candidate of sociological sciences: 22.00.04. Perm, 2009. 207 p. (In Russ.)

9. Balyuk A.D. Professional'naya oriyentatsiya v sisteme sotsializatsii molodezhi: na primere Rostovskoy oblasti: avtoreferat dissertatsii kandidata sotsiologicheskikh nauk = Vocational guidance in the system of socialization of youth: on the example of the Rostov region: abstract of the dissertation of the candidate of sociological sciences : 22.00.06. Tyumen, 2014. 31 p. (In Russ.)

10. Minazhetdinova A.I. Professional'naya oriyentatsiya uchasheysya molodezhi v sisteme sotsial'no-trudovykh otnosheniy: dissertatsiya kandidata ekonomicheskikh nauk = Professional orientation of students in the system of social and labor relations: the dissertation of the candidate of economic sciences: 08.00.05. Moscow, 2013. 204 p. (In Russ.)

11. Kosheleva T.V. Professional'naya oriyentatsiya uchasheysya obshcheobrazovatel'noy shkoly na pedagoga-psikhologa: antropologicheskii podkhod: dissertatsiya kandidata pedagogicheskikh nauk = Professional orientation of students of a comprehensive school toward a teacher-psychologist: an anthropological approach: the dissertation of

the candidate of pedagogical sciences: 13.00.01. Moscow, 2013. 248 p. (In Russ.)

12. Dzhaner'yan S.T. Professional'naya YA-kontseptsiya: dissertatsiya doktora pedagogicheskikh nauk = Professional I-concept: the dissertation of the doctor of pedagogical sciences: 19.00.01. Rostov-on-Don, 2005. 603 p. (In Russ.)

13. Holland J.P. Adaptation in Natural and Artificial Systems. An Introductory Analysis With Application to Biology, Control and Artificial Intelligence. University of Michigan. 1975. 210 p.

14. Pryazhnikov N.S. Professional'noye samoopredeleniye: teoriya i praktika: uchebnoye posobiye = Professional self-determination: theory and practice: tutorial. Moscow: Publishing Center «Academy»; 2008. 320 p. (In Russ.)

15. Ovchinnikova S.V. Lichnostno oriyentirovannyye igrovyye tekhnologii kak sredstvo professional'noy oriyentatsii starsheklassnikov: dissertatsiya kandidata pedagogicheskikh nauk: 13.00.01. Karachayevsk, 2006. 180 p. (In Russ.)

16. Molchanov A.S., Kalashnikova, T.G. A new model for the selection of applicants to universities in a SMART-society. Otkrytoye obrazovaniye = Open Education. 2017; 22; 1: 51–58. (In Russ.)

17. Opreddeniye professional'nykh sklonnostey: oprosnik Yovayshi = Definition of professional inclinations: Jovayshi questionnaire. [Internet]. Available from: ProfOrientatsia.ru>test/opredeleniesklonnostej. (In Russ.)

18. Glushach N.N., Kinfu Z.T. Trends in the effective self-education of Russian youth in the prospect of employment. Otkrytoye obrazovaniye = Open Education. 2017; 22; 5: 97–106. (In Russ.)

19. Simonenko, V.D. Obshchaya i professional'naya pedagogika. Uchebnoye posobiye dlya studentov pedagogicheskikh vuzov. Pod red. V. D. Simonenko = General and professional pedagogy. Textbook for students of pedagogical universities. Ed. V. D. Simonenko. Moscow: Ventana-Graf; 2006. 368 p. (In Russ.)

20. Chistyakova S.N. The relevance of the problem of professional self-determination of students in modern conditions. Professional'noye obrazovaniye i rynek truda = Vocational education and the labor market. 2018; 1: 54–60. (In Russ.)

21. Shavir P. A. Psikhologiya professional'nogo samoopredeleniya v ranney yunosti = Psychology of professional self-determination in early adolescence. Moscow: Pedagogy; 1981. 96 p. (In Russ.)

22. Sarukhanov E.R., Sotnikova S. I. Problemy upravleniya professional'noy oriyentatsiyei molodezhi na professii vysshey kvalifikatsii = Problems of managing the professional orientation of young people in the profession of higher qualification. Leningrad: Publishing House of the Leningrad Financial and Economic Institute; 1991. 163 p. (In Russ.)

23. Polyanskiy A.M., Smirnova Ye.A. Designing a work program for a discipline

based on elements of competencies. Otkrytoye obrazovaniye = Open Education. 2018; 22; 3: 35-51. (In Russ.)

24. Kureychik V.M. Geneticheskiye algoritmy = Genetic Algorithms. Taganrog: Publishing house of TRTU; 1998. (In Russ.)

25. Rzhetskiy A.V., Rzhetskaya S.YU. A method for constructing a classification tree based on a genetic algorithm for combining heuristics. Sistemy upravleniya i informatsionnyye tekhnologii = Control Systems and Information Technologies. 2011; 2(44): 62-66. (In Russ.)

#### Сведения об авторах

##### **Анна Павловна Сергушичева**

К.т.н., доцент кафедры автоматике и вычислительной техники  
Вологодский государственный университет,  
Вологда, Россия  
Эл. почта: annpas@list.ru

##### **Елена Николаевна Давыдова**

К.т.н., доцент кафедры автоматике и вычислительной техники  
Вологодский государственный университет,  
Вологда, Россия  
Эл. почта: Davidova\_EN@mail.ru

#### Information about the authors

##### **Anna P. Sergushicheva**

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor in the Department of automation and computer engineering  
Vologda State University,  
Vologda, Russia  
E-mail: annpas@list.ru

##### **Elena N. Davydova**

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor of the Department of automation and computer engineering  
Vologda State University,  
Vologda, Russia  
E-mail: Davidova\_EN@mail.ru