

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СВАРЩИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ РОЕВОГО ИНТЕЛЛЕКТА

М.А. Гавриленко, Е.В. Заровчатская

*Белорусско-Российский университет,
г. Могилев, Беларусь*

В статье предлагается разработка интеллектуальной системы обучения сварщиков, в которой ключевую роль играют алгоритмы роевого интеллекта. Целью данной работы является создание комплексного решения, способного объективно оценивать уровень подготовки, автоматически формировать персонализированные учебные траектории и повышать общее качество сварочных работ за счёт научно обоснованного подхода к обучению. Разработано программное обеспечение для обучения сварщиков, основанная на алгоритмах роевого интеллекта, обеспечивающая персонализацию учебных траекторий и объективную оценку квалификации. Программное обеспечение использует алгоритмы роения пчёл, муравьиной колонии и светлячков для оптимизации подбора курсов, построения эффективных маршрутов обучения и адаптации под конкретные технологии сварки. Разработанное решение повышает качество подготовки сварщиков, снижает временные затраты на аттестацию и может быть внедрено на промышленных предприятиях, в учебных центрах, а так же при проведении конкурсов типа ProfSkills.

Ключевые слова: сварочное производство, роевой интеллект, обучение, эффективность.

В настоящее время промышленные предприятия стремятся к повышению эффективности и безопасности производственных процессов, особенно в таких ответственных областях, как сварочное производство. Качество сварочных работ напрямую влияет на надёжность металлоконструкций, и от квалификации сварщиков зависит безопасность эксплуатации объектов нефтегазовой, энергетической и строительной отраслей. В связи с этим особую актуальность приобретает

автоматизация процесса обучения и оценки профессиональных навыков сварщиков.

Традиционные методы подготовки специалистов зачастую субъективны, трудоёмки и не учитывают индивидуальные особенности обучающихся. Отсутствие единой системы оценки, разрозненность данных и слабая интеграция с производственными требованиями снижают эффективность подготовки. Решением этих проблем может стать внедрение программного обеспечения, основанного на современных технологиях и алгоритмах искусственного интеллекта.

Существующие в настоящее время системы подготовки сварщиков сталкиваются с рядом серьёзных проблем, снижающих их эффективность: субъективность оценки – проверка знаний и навыков часто зависит от личного мнения экспертов, что может привести к необъективным результатам; отсутствие стандартизации – каждое предприятие или учебный центр самостоятельно организует процесс аттестации, что приводит к отсутствию единых критериев оценки дефектов сварных соединений; разрозненность данных – сведения о пройденных курсах, выявленных дефектах и результатах аттестации хранятся в различных форматах и системах, что затрудняет анализ, мониторинг и формирование отчётности; низкая персонализация – традиционные учебные программы не учитывают индивидуальный уровень подготовки, типичные ошибки и специфику производственных задач конкретного сварщика, что снижает эффективность обучения; трудоёмкость управления – руководителям приходится вручную отслеживать прогресс, назначать курсы и анализировать результаты, что отнимает значительное время и повышает риск ошибок.

Особую остроту проблема приобретает в условиях роста требований к качеству сварных соединений и дефицита высококвалифицированных кадров. Без автоматизированной системы, способной объединить данные, анализировать эффективность обучения и предлагать оптимальные пути развития, невозможно обеспечить стабильное качество сварочных работ.

Для решения выявленных проблем было разработано программное обеспечение, основанное на алгоритмах роевого интеллекта. Оно предназначено для автоматизации процесса обучения, оценки навыков и формирования индивидуальных траекторий подготовки сварщиков.

Программное обеспечение построено по многоуровневой (n-слойной) архитектуре, обеспечивающей модульность, масштабируемость и удобство сопровождения. Интерфейс прост и доступен, поддерживает многоязычность и работает в современных браузерах (Chrome, Firefox, Safari, Edge) на любых ОС (Windows, macOS, Linux).

Центральным элементом программного обеспечения являются три алгоритма, адаптированные для оптимизации обучения:

- Алгоритм роевания пчёл – используется для оценки эффективности учебных курсов. Алгоритм анализирует, насколько каждый курс снижает количество дефектов у сварщиков относительно затраченного времени, и формирует рейтинг курсов. Это позволяет выявить наиболее полезные программы обучения.

- Алгоритм муравьиной колонии – применяется для построения оптимальной последовательности прохождения курсов. Моделируя поведение муравьёв, ищущих кратчайший путь, алгоритм находит наиболее эффективную траекторию обучения, минимизируя время и максимизируя результат.

- Алгоритм роения светлячков – обеспечивает персонализацию обучения под конкретные технологии (ММА, MIG/MAG, TIG). Алгоритм анализирует опыт других сварщиков с похожим уровнем подготовки и формирует индивидуальный маршрут, адаптированный под потребности конкретного работника и производственные задачи.

Программное обеспечение предоставляет следующие ключевые функции:

1 Управление данными о сварщиках, курсах, дефектах и заданиях.

2 Автоматическое формирование рейтингов сварщиков и курсов.

3 Построение оптимальных маршрутов обучения с использованием алгоритмов.

4 Визуализация результатов в виде таблиц и отчётов.

5 Поддержка ролевой модели доступа (сварщик, контролёр, руководитель).

Так же обеспечивается шифрование передаваемых данных (HTTPS), многоуровневая аутентификация, регулярное резервное копирование, поддержка актуальных версий программного обеспечения с оперативным внедрением обновлений.

Настоящий программный продукт был протестирован на выборке из 30 сварщиков. Результаты показали, что время обработки запросов составляет не более 2 секунд, поддерживается до 100 одновременных пользователей, сокращение времени на оценку навыков до 30% по сравнению с ручными методами, а так же высокую точность рекомендаций благодаря анализу реальных данных о дефектах и эффективности курсов.

В ходе тестирования алгоритмы показали высокую адаптивность: например, для технологии ММА алгоритм роения светлячков предложил наиболее эффективные курсы, учитывая опыт лучших специалистов.

Разработанный программный продукт представляет собой современное, масштабируемое и эффективное решение для автоматизации обучения сварщиков. Оно успешно решает ключевые проблемы традиционных подходов: субъективность оценки, отсутствие стандартизации, трудоёмкость управления и низкую персонализацию.

Применение алгоритмов роевого интеллекта позволило создать интеллектуальную систему, способную не только анализировать данные, но и принимать обоснованные решения по оптимизации учебного процесса. Программный продукт формирует объективные рейтинги, строит индивидуальные траектории обучения и обеспечивает прозрачность подготовки специалистов.

Программное обеспечение предназначено для промышленных предприятий, обучающих центров и организаций, занимающихся аттестацией сварщиков. Его внедрение позволит повысить качество сварочных работ, сократить количество дефектов, снизить затраты на исправление брака и обеспечить более высокий уровень безопасности на производстве. Разработанное решение является

важным шагом в цифровизации профессионального образования и имеет значительный потенциал для дальнейшего развития и масштабирования.

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE AND INFORMATION SYSTEM FOR TRAINING WELDERS USING SWARM INTELLIGENCE ALGORITHMS

M.A. Gavrilenko, E.V. Zarovchatskaya

*Belarusian-Russian University,
Mogilev, Belarus*

The article proposes the development of an intelligent system for training welders, in which swarm intelligence algorithms play a key role. The purpose of this work is to create a comprehensive solution that can objectively assess the level of training, automatically generate personalized training trajectories and improve the overall quality of welding work due to a scientifically based approach to training. A software and information system for training welders has been developed, based on swarm intelligence algorithms, providing personalization of training trajectories and objective assessment of qualifications. The system uses bee swarming algorithms, ant colonies and fireflies to optimize the selection of courses, build effective training routes and adapt to specific welding technologies. The developed solution improves the quality of welders' training, reduces the time spent on certification and can be implemented at industrial enterprises, in training centers, as well as during competitions such as ProfSkills.

Keywords: welding production, swarm intelligence, training, efficiency.