

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СВАРОЧНЫХ РАБОТ НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Е.В. Заровчатская, А.Ю. Зотов

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

В статье рассматривается решение проблемы эффективного распределения заданий между сварщиками. Традиционные методы распределения, основанные на субъективной оценке, приводят к перегрузке квалифицированных специалистов, недоиспользованию менее опытных работников, увеличению брака и неэффективному управлению ресурсами. В данной статье предлагается решение – программное обеспечение WeldingSoftComputing, предназначенное для автоматизации и оптимизации распределения сварочных работ на основе эволюционного моделирования. Система учитывает квалификацию, стаж, уровень дефектности сварщиков, сложность и приоритет заданий, а также их текущую загруженность. Программное обеспечение адаптируется под особенности конкретного предприятия и обладает способностью к адаптации при изменении квалификации сотрудников. Внедрение WeldingSoftComputing повышает прозрачность управления, снижает нагрузку на мастеров, оптимизирует использование кадров и способствует повышению качества и конкурентоспособности предприятия.

**Ключевые слова:** сварочное производство, эволюционное моделирование, эффективность.

Современное промышленное производство, особенно в таких критически важных отраслях, как машиностроение, энергетика, нефтегазовый сектор и строительство, требует высокого качества сварочных работ. От квалификации сварщиков и эффективности управления производственными процессами напрямую зависит надёжность и безопасность объектов. В этих условиях возникает острая необходимость в автоматизации процессов управления, анализа качества и распределения рабочих задач. Традиционные подходы к распределению сварочных работ, основанные на субъективной оценке, интуиции мастера или ручном подборе исполнителей, зачастую не обеспечивают оптимального результата, приводят к перегрузке квалифицированных специалистов, а также к назначению сложных задач недостаточно подготовленным работникам.

Основная проблема, заключается в неэффективности ручного или полуматематического распределения сварочных работ между исполнителями. Существующие практики управления сварочным производством сталкиваются с рядом существенных недостатков следующих видов:

1. Назначение задач часто зависит от личных предпочтений мастера, что может привести к несправедливому распределению нагрузки и снижению общей производительности.

2. Нерациональное использование трудовых ресурсов. Квалифицированные сварщики с высоким рейтингом и низким количеством дефектов сварных соединений часто перегружены, в то время как менее опытные работники остаются недоиспользованными, что сказывается на увеличении времени выполнения работ.

3. Отсутствие объективной оценки квалификации. Мастер не имеет возможности помнить все курсы, тренинги, аттестации, а также их результаты, которые прошли сварщики, а соответственно он «вручную» должен обрабатывать большой объем данных, что приводит к ошибкам при назначении на работу.

4. Учет дефектов сварных соединений. Назначение сложных заданий недостаточно квалифицированным сварщикам приводит к увеличению количества брака, что влечёт за собой финансовые и временные потери на исправление дефектов и возможные риски для безопасной эксплуатации сварной конструкции в дальнейшем.

5. Отсутствие адаптивности. Традиционные системы «ручного» управления не обучаются на основе прошлого опыта и не улучшают свои рекомендации со временем. Они не учитывают динамику изменений в квалификации сварщиков после прохождения курсов повышения квалификации.

В условиях роста требований к качеству сварных соединений, сокращению сроков выполнения заказов, а так же при решении выше перечисленных недостатков, ручное управление становится неэффективным. Существует острая потребность в автоматизированной системе, способной анализировать большие объёмы данных, учитывать множество факторов и предлагать оптимальные решения по распределению задач. Эта проблема особенно актуальна для предприятий, где сварочные работы являются ключевым этапом производства.

Очерченный круг проблем решен программным обеспечением WeldingSoftComputing, который автоматизирует процесс распределения сварочных работ, обеспечивая объективность, эффективность и прозрачность принятия решений. Программа учитывает такие ключевые параметры, как уровень квалификации сварщика, его стаж, процент допускаемых дефектов, сложность и приоритет задания, а также текущую загруженность исполнителей. Целью разработки является повышение эффективности управления сварочным производством, снижение количества брака и оптимизация использования трудовых ресурсов.

В основе алгоритмов и математической модели программного обеспечения, заложено эволюционное моделирование – метод искусственного интеллекта, вдохновлённый естественным отбором и генетическими процессами, предназначенный для решения оптимизационных задач, в том числе при организации управления. Алгоритм эволюционного моделирования, имитирует процесс естественного отбора и работает следующим образом:

Инициализация – создаётся начальная популяция возможных решений (распределений работ между сварщиками).

Оценка – каждое решение оценивается по обобщённой целевой функции, которая учитывает: минимизацию вероятности появления дефектов; минимизацию общего времени выполнения работ; весовые коэффициенты.

Отбор – лучшие решения (с наименьшим значением целевой функции) выбираются для «размножения».

Кроссовер и мутация – на основе выбранных решений генерируется новое поколение, вносятся случайные изменения для поиска более оптимальных вариантов.

Повторение – процесс повторяется в течение заданного числа поколений, пока не будет найдено близкое к оптимальному решение.

Этот подход позволяет находить глобально оптимальные или квазиоптимальные распределения, которые невозможно найти с помощью простых эвристик.

Работа программного продукта WeldingSoftComputing была протестирована на выборке из 30 сварщиков. Проводилось сравнение распределения заданий до и после прохождения курсов повышения квалификации. Алгоритм успешно перераспределил задания, назначая более сложные задачи специалистам с высоким рейтингом и низким уровнем дефектов в данной технологии сварки. Тестирование подтвердило, что программное обеспечение эффективно снижает риски появления дефектов сварных соединений и повышает общую эффективность управления производством.

WeldingSoftComputing предназначен для локального внедрения на конкретных предприятиях, что позволяет адаптировать его под уникальные бизнес-процессы и организационную структуру. Использование данного продукта позволит повысить конкурентоспособность предприятия, снизить трудоемкость работы мастеров, повысить эффективность управления, отслеживать в реальном времени ключевые показатели эффективности сотрудников, снизить издержки и обеспечить высокий уровень качества сварочных соединений.

## **DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR WELDING WORK DISTRIBUTION BASED ON EVOLUTIONARY MODELING**

**E.V. Zarovchatskaya, A.Y. Zotov**

*Belarusian-Russian University,  
Mogilev, Belarus*

The article considers a solution to the problem of efficient distribution of tasks between welders. Traditional methods of distribution based on subjective assessment lead to overload of qualified specialists, underutilization of less experienced workers, increase in defects and inefficient resource management. This article proposes a solution – WeldingSoftComputing software designed to automate and optimize distribution

of welding works based on evolutionary modeling. The system takes into account the qualifications, experience, level of defects of welders, complexity and priority of tasks, as well as their current workload. The software is adapted to the specifics of a specific enterprise and has the ability to adapt when changing the qualifications of employees. The implementation of WeldingSoftComputing increases management transparency, reduces the workload of foremen, optimizes the use of personnel and contributes to improving the quality and competitiveness of the enterprise.

**Key words:** welding production, evolutionary modeling, efficiency.