

УДК 519.8

DOI: 10.22213/2410-9304-2025-1-65-72

## Разработка программного прототипа управления производственным планом предприятия на основе генетического алгоритма

А. В. Дёмышев, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

М. С. Воробьев, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

Д. В. Целищев, магистрант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

С. В. Вологдин, доктор технических наук, доцент, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

*В статье рассматривается процесс разработки программного прототипа информационной системы для управления производственным планом на предприятиях машиностроения. Главная цель системы – минимизация простоев оборудования и складских запасов продукции, что является важным аспектом в условиях конкурентного рынка. Для достижения этой цели используется генетический алгоритм, который помогает оптимизировать процесс планирования производственных задач. Генетический алгоритм учитывает широкий спектр факторов, таких как разнообразие ресурсов, финансовые ограничения предприятия, включая собственные средства и необходимость привлечения кредитных ресурсов для выполнения крупных заказов. Это делает систему универсальной и гибкой в зависимости от параметров предприятия, таких как объем выпускаемой продукции, доступность ресурсов и финансовые возможности.*

*Особое внимание уделено разработке функции приспособленности, которая описывает желаемый результат системы. Она включает в себя оптимизацию использования ресурсов и минимизацию финансовых затрат. В статье также описана система ограничений, которая помогает учитывать реальную ситуацию на предприятии, включая запасы ресурсов, финансовые возможности и производственные мощности. Эволюционный механизм генетического алгоритма позволяет системе подбирать оптимальные решения для различных производственных сценариев.*

*Результаты исследования показывают, что предложенная система обладает высокой гибкостью и точностью в адаптации под различные финансовые и производственные условия. В ходе работы над системой было рассмотрено несколько сценариев, что позволило определить, как изменяются результаты оптимизации при разных исходных данных. Выводы подтверждают, что использование разработанной информационной системы позволяет снизить издержки на производство и улучшить эффективность работы предприятия, благодаря более рациональному использованию ресурсов и минимизации простоев оборудования.*

**Ключевые слова:** информационная система, машиностроение, генетический алгоритм, план производства, запасы, оборудование, оптимизация.

### Актуальность

Оптимизация производственных процессов в современных условиях является важнейшим фактором, влияющим на успешное функционирование предприятий. Особенно это актуально в управлении производственными планами, где правильное распределение ресурсов и минимизация простоев оборудования и излишков на складах играют ключевую роль. В условиях стремительного изменения рыночной ситуации и роста конкуренции предприятиям необходимо обеспечить стабильную работу производственных линий и снизить операционные расходы для достижения финансовых показателей и удовлетворения потребностей клиентов [1, 2].

Сегодня на машиностроительных предприятиях планирование и производство продукции часто выполняются вручную, что требует значительных временных и трудовых ресурсов. Такой подход уже не соответствует современным требованиям и может замедлять эффективность

работы. В ответ на это крупные производственные компании все чаще внедряют автоматизацию, которая помогает существенно уменьшить зависимость производственных процессов от человеческого фактора и повысить их надежность [3, 4].

Автоматизация производственных процессов становится необходимым шагом для минимизации ошибок, связанных с человеческим вмешательством. Даже квалифицированные специалисты могут допускать ошибки, тогда как автоматизированные системы позволяют значительно снизить риск их возникновения, что делает автоматизацию выпуска продукции машиностроительных предприятий актуальной задачей [5, 6].

### Постановка задачи

Целью данной работы является создание информационной системы, которая на основании заданных исходных данных сможет определять, какие виды продукции и в каких объемах следует производить в определенный временной ин-

тервал, с учетом имеющихся ресурсов и складских запасов. Это позволит оптимально распределить нагрузку на оборудование и минимизировать издержки [7, 8].

Предположим, что предприятие производит  $n$  видов продукции, каждая из которых приносит прибыль в размере  $c$  денежных единиц на единицу произведенной продукции. Необходимо учитывать производственный план для каждого вида продукции за конкретный временной период (неделя, месяц, год), обозначим это как  $x$ .

Предприятие располагает определенными собственными средствами, готовыми к инвестированию в производство, обозначим их как  $q$ . Однако в случае поступления крупного заказа собственных средств может не хватить, и тогда возникает необходимость привлечения кредита –  $z$ .

При использовании кредитных средств предприятие обязано выплачивать проценты, которые рассчитываются по формуле:

$$f(z) = \left(1 + \frac{P(z)}{100}\right)z,$$

где  $P(z)$  – процентная ставка взятого кредита.

Основной задачей любого промышленного предприятия является максимизация прибыли от производства и реализации продукции. Данный процесс можно описать следующей целевой функцией:

$$F(x, z) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n - f(z) \rightarrow \max.$$

Далее необходимо рассмотреть ограничения, применимые к данной функции.

Для производства единицы каждого вида продукции предприятие использует  $m$  видов ресурсов в объеме  $y$  по цене  $d$  за единицу каждого ресурса. Общие затраты на приобретение ресурсов не должны превышать сумму собственных средств и кредита:

$$d_1y_1 + d_2y_2 + \dots + d_my_m \leq q + z.$$

Планируя производство, предприятие должно учитывать невозможность использовать больше ресурсов, чем имеется в наличии. Это ограничение выражается следующим образом:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq y_1,$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq y_2,$$

$$\dots\dots\dots$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq y_m.$$

Кроме того, производство продукции в объеме, превышающем спрос  $x_n^*$ , является экономически нецелесообразным. Также необходимо учитывать минимальный порог производства

продукции  $x_n'$ . Это формализуется в виде следующей системы ограничений:

$$x_1 \leq x_1^*, x_2 \leq x_2^*, \dots, x_n \leq x_n^*,$$

$$x_1 \geq x_1', x_2 \geq x_2', \dots, x_n \geq x_n'.$$

Еще одним ограничивающим фактором является производственная мощность предприятия, которая определяет максимальный объем выпуска продукции за определенный период времени. Пусть  $p_n$  обозначает максимально возможное количество продукции  $n$ , которое предприятие может произвести за один месяц, а  $k$  – временной промежуток выполнения заказа в месяцах.

### Программная реализация

Для разработки информационной системы управления производственным планом, которая минимизирует простои оборудования и складские запасы, с учетом целевой функции и системы ограничений, была использована среда разработки IntelliJ IDEA, позволяющая работать с кодом на Java.

Для реализации проекта была выбрана версия Java 17 LTS. LTS (Long-Term Support, **долгосрочная поддержка**) для языка программирования или программного продукта означает, что данная версия будет поддерживаться разработчиками в течение длительного периода. Это включает исправление ошибок, обновление безопасности и другие важные улучшения, без необходимости обновляться до новых версий [10].

LTS-версии обычно выбираются для использования в производственных системах, так как они обеспечивают стабильность и безопасность на долгий срок, что особенно важно для крупных проектов или корпоративного программного обеспечения.

Разработанный проект требует использования ряда зависимостей (библиотек), которые необходимы для полноценного функционирования информационной системы. Для корректного подключения и инициализации этих зависимостей, чтобы избежать непредвиденных ошибок в работе программного продукта, используются так называемые сборщики проектов или build-системы. Эти инструменты автоматизируют процесс управления зависимостями и сборки проекта, что значительно упрощает разработку и поддержку системы [11, 12]. Для данной информационной системы был выбран сборщик проектов Maven.

Для реализации пользовательского интерфейса была выбрана платформа JavaFX. JavaFX – это набор взаимосвязанных библиотек для создания приложений с насыщенным гра-

фическим интерфейсом (как для ПК, так и для мобильных устройств) [13].

Далее следует рассмотреть зависимости, требуемые для проведения оптимального планирования, то есть составляющие вычислительную базу приложения.

Как было отмечено ранее, разработанная информационная система использует принцип генетического алгоритма для максимизации целевой функции с учетом обозначенных ограничений. Разработка механизма генетического алгоритма «с нуля» требует большого количества времени и привлечения команды специалистов, поэтому было принято решение использовать специализированную библиотеку эволюционных алгоритмов Jenetics.

Основные возможности Jenetics включают:

- настройку популяции и параметров эволюции (типы мутации, кроссинговеров, размеры популяций, типы отбора) [14];
- поддержку различных типов генов (целочисленные, вещественные и другие);
- встроенные методы для оценки приспособленности особей.

Решение задачи предоставляется в виде хромосомы – набора генов определенного типа данных. Рассматриваемая проблема оптимизации производства является нестандартной, поскольку результирующая хромосома содержит гены различных типов данных (целочисленные гены для количества товаров и вещественный ген для оптимальной суммы кредита). Таким образом, задачу невозможно решить, используя стандартные методы, описанные в библиотеке, поскольку требуется создание особенного генотипа, способного хранить в одной хромосоме значения, отличные по типу данных. Данная проблема решается следующим образом (рис. 1).

```
public record Ranges(int[] ivalues, double dvalue) {
    // ...
}

static Codec<Ranges, DoubleGene> codec(IntRange[] iranges, DoubleRange drange) {
    return Codec.of(
        Genotype.of(DoubleChromosome.of(DoubleRange.of(0, 1), length: iranges.length + 1)),
        gt -> {
            final var ch = gt.chromosome();
            return new Ranges(
                IntStream.range(0, iranges.length)
                    .map(i -> (int) (ch.get(i).doubleValue() * iranges[i].size() + iranges[i].min()))
                    .toArray(),
                dvalue: ch.get(iranges.length).doubleValue() * (drange.max() - drange.min()) + drange.min()
            );
        }
    );
}
```

Рис. 1. Решение проблемы композитного генотипа  
Fig. 1. Solution to the composite genotype problem

В приведенном коде (см. рис. 1) происходит определение класса Ranges и метода codec. Класс Ranges представляет собой неизменяемую запись, содержащую два поля: массив целых чисел ivalues, который хранит значения,

полученные из определенного диапазона, и значение с плавающей запятой dvalue, также полученное из другого диапазона.

Метод codec создает кодек, который связывает генотип с записью Ranges. Генотип состоит из хромосомы, принимающей значения генов от 0 до 1. При преобразовании генотипа в объект Ranges происходит следующее: для каждого элемента в массиве диапазонов целых чисел (iranges) генерируется случайное значение от 0 до 1, которое умножается на размер диапазона. Это масштабирует значение, чтобы оно соответствовало диапазону, после чего к нему добавляется минимальное значение этого диапазона.

Последний ген, получаемый из хромосомы, используется для вычисления значения dvalue, аналогично масштабируя его в заданном диапазоне с плавающей запятой (drange).

Таким образом, процесс масштабирования в коде происходит путем умножения значения от 0 до 1 на размер диапазона для целых значений и разницу между максимальным и минимальным значениями для значений с плавающей запятой, что позволяет эффективно использовать вещественный генотип для создания хромосом комбинированного типа данных (целочисленного и вещественного) [15].

Принцип работы программы можно представить в виде блок-схемы, представленной на рис. 2 [16].

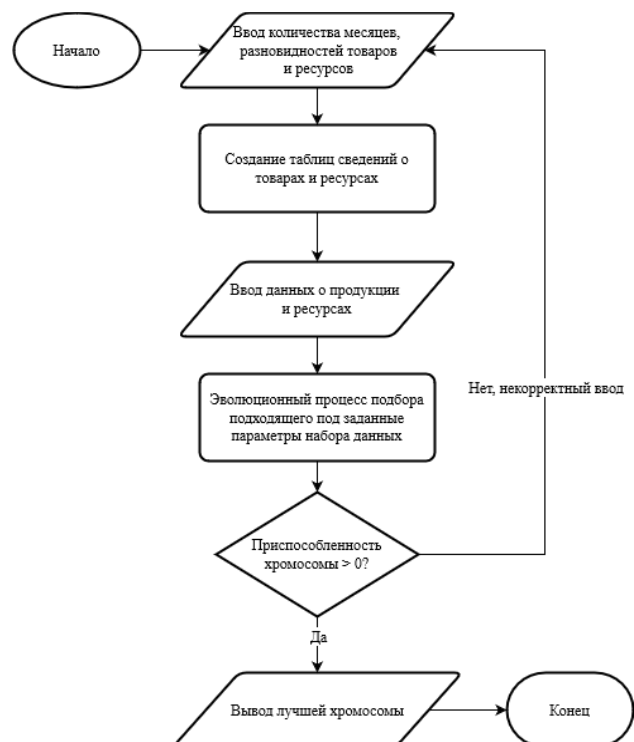


Рис. 2. Алгоритм работы программы  
Fig. 2. Program operation algorithm

Входными исходными данными является количество разновидностей товаров, ресурсов, а также количество месяцев, представляющее период планирования, ограничения на выпуск продукции и ресурсы. Первая таблица задает определенные производственные ограничения, такие как прогнозируемый спрос, минимальный производственный план, прибыль с продажи единицы продукции и производственные ограничения (лимит производства товара в связи с технической оснащенностью предприятия). Вторая таблица задает связь между ресурсами и товарами, обозначает, сколько единиц конкретного ресурса требуется для производства единицы конкретного товара. Затем пользователю предлагается заполнить финансовые данные, необходимые для расчета: количество собственных средств предприятия, размер кредита, который может взять предприятие, а также кредитный процент (рис. 3).

Рис. 3. Окно заполнения данных производства

Fig. 3. Window for filling in production data

Также пользователю предоставляется возможность сохранения и загрузки табличных данных посредством файлов Microsoft Excel (формата .xlsx). Это позволяет в значительной степени сократить время, затрачиваемое на заполнение таблиц ограничений и ресурсов при проведении расчетов. Для реализации данной функции используется Apache POI [17].

Apache POI – это библиотека Java, предназначенная для работы с форматами файлов Microsoft Office, такими как MS Excel, Word и Power Point. Она позволяет разработчикам создавать, читать и изменять файлы MS Excel (.xls и .xlsx), а также файлы других офисных приложений без необходимости использования Microsoft Office на сервере или в приложении [18].

Информационная система адаптирована под работу на ОС Windows и поставляется в виде установочного файла в формате .exe или .msi. Таким образом, пользователю достаточно за-

пустить установочный файл, после чего дожидаться окончания установки и запустить информационную систему с помощью созданного на рабочем столе в ходе установки ярлыка. Все необходимое для работы приложения программное обеспечение (включая среду выполнения Java) включено в установочный пакет, и пользователю не требуется устанавливать сторонние зависимости для начала работы с информационной системой.

Данный результат достигается с помощью инструмента `jarpackage`, который предоставляет возможности для создания кросс-платформенных установочных пакетов [19]. Инструмент `jarpackage` позволяет упаковать Java-приложение вместе со всеми его зависимостями и необходимыми библиотеками в один инсталляционный файл, что значительно упрощает процесс развертывания. Кроме того, `jarpackage` позволяет настраивать параметры установки, такие как добавление значков, определение целевых платформ и конфигурация ярлыков, что делает установку более удобной для конечного пользователя. Таким образом, благодаря использованию `jarpackage`, информационная система может быть легко установлена и запущена на любом компьютере с Windows, обеспечивая при этом надежную работу без необходимости дополнительных настроек.

Механизм работы программного модуля можно представить в виде следующей диаграммы последовательности (рис. 4).

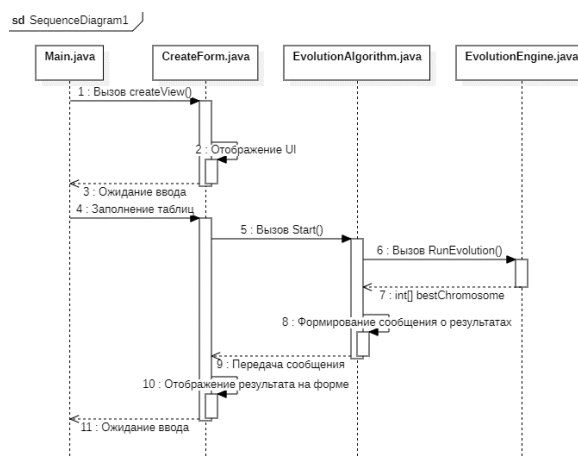


Рис. 4. Диаграмма последовательности

Fig. 4. Sequence diagram

## Результаты

Ключевой особенностью использования генетического алгоритма для решения задач оптимального планирования является способность алгоритма эффективно решать задачи больших размерностей [20, 21].

Таким образом, стоит рассмотреть эффективность решений разработанной информационной системы на практике. Пусть предприятие производит 15 видов товаров из 6 типов ресурсов, а период планирования составляет 1 год.

Предприятие обладает 30 млн у.д.е. собственных средств, а также может взять кредит на сумму 30 млн у.д.е. под 12 % годовых. Исходные данные с ограничениями на товары и ресурсы представлены на рис. 5, 6.

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15
Прогнозируемый спрос	35	20	50	18	22	19	14	13	11	60	25	28	40	45	33
Минимальный план	12	10	18	14	9	8	7	5	4	6	11	15	13	10	9
Прибыль с единицы	166300	145000	167800	130900	160200	170500	188300	205400	200400	275000	192500	185300	215400	230700	198600
Производственные ограничения	9	7	8	6	10	11	8	5	9	7	6	8	7	6	9

Рис. 5. Ограничения товаров

Fig. 5. Product restrictions

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	Цена ресурса / ед.
Ресурс 1	9	4	11	13	8	12	20	9	22	15	10	14	10	6	8	1400
Ресурс 2	13	24	11	5	3	5	19	21	10	8	22	18	16	12	9	2000
Ресурс 3	14	3	20	11	17	13	19	24	11	7	10	21	13	11	10	1700
Ресурс 4	16	12	17	8	14	7	10	23	13	21	11	20	15	5	11	1500
Ресурс 5	18	10	13	14	16	10	23	24	19	12	14	16	18	9	10	1800
Ресурс 6	20	6	19	9	11	8	17	20	16	10	12	12	19	7	9	1300

Рис. 6. Ограничения ресурсов

Fig. 6. Resource restrictions

Результаты расчетов представляются в виде набора данных, содержащих оптимальное количество производимой продукции по номенклатуре изделий, значение прибыли, необходимых кредитных средств, а также время расчетов (см. рис. 7).

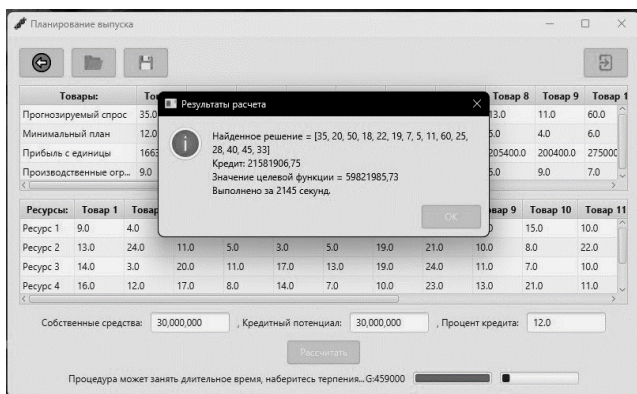


Рис. 7. Результат расчета

Fig. 7. Calculation result

Для оценки эффективности разработанного программного модуля было проведено сравнение полученных результатов с результатами расчетов аналогичной задачи в MS Excel, полученными с помощью инструмента «Поиск решений». Данный инструмент предлагает на выбор 3 метода решения: методом ОПП, симплекс-методом и методом эволюционного поиска решения.

Сравнительный анализ результатов работы программного модуля и расчета в Excel с помощью эволюционного алгоритма показал, что

точность и способность находить оптимальные решения программного модуля в значительной степени превосходит аналогичный функционал Excel в контексте описанной задачи. Разработанное приложение подобрало оптимальный план [35, 20, 50, 18, 22, 19, 7, 5, 11, 60, 25, 28, 40, 45, 33] с итоговым показателем прибыли, равным приблизительно 59,8 млн у.д.е., тогда как расчет той же задачи в Excel дал в качестве оптимального плана набор [20, 17, 41, 16, 14, 16, 11, 6, 8, 60, 16, 22, 25, 42, 31] с итоговым показателем прибыли, равным 55,9 млн у.д.е. Таким образом, на примере данной задачи эффективность разработанного программного модуля в контексте решения оптимизационных задач эволюционным методом превосходит аналогичный функционал Excel.

Прибыль для плана, рассчитанного с помощью программного модуля, больше прибыли для плана, рассчитанного с помощью Excel, примерно на 7 %, и это значение будет увеличиваться с увеличением размерности задачи.

Остальные два метода, предоставляемых инструментом «Поиск решения» для решения оптимизационных задач, показали более приближенные к расчетам программного модуля результаты, однако те все равно обеспечивают меньшую прибыль.

Анализ представленных результатов расчетов позволяет сделать вывод, что программное приложение и MS Excel пришли к достаточно похожим решениям, однако прибыль, полученная из расчета с помощью приложения, превы-

шает прибыль, полученную из расчета MS Excel. Также можно сделать вывод о том, что разработанный программный модуль достаточно хорошо справляется с задачами оптимизации эволюционным методом, стабильно находит оптимальных план и не имеет трудностей с выходом из локальных экстремумов.

### Заключение

Разработан программный прототип для оптимизации производственного плана машиностроительного предприятия. Применение генетического алгоритма для решения оптимизационной задачи позволило достичь высокой гибкости в расчете производственного плана, учесть разнообразные ограничения, такие как доступность ресурсов, финансовые возможности предприятия и потребности в кредитных средствах. Генетический алгоритм имеет преимущества по сравнению с подходом линейаризации при решении многомерных задач поиска глобального экстремума.

Проведенные тестовые расчеты показали, что предложенный алгоритм способен определять оптимальные решения для задачи планирования производства с минимизацией простоя оборудования и складских запасов. Сравнение результатов с аналогичными расчетами в MS Excel подтвердило, что разработанное приложение не только обеспечивает идентичные результаты, но и предлагает более эффективные решения для задач большей сложности.

Практическая эксплуатация разработанной системы позволит предприятиям снизить производственные издержки, повысить эффективность использования ресурсов, бизнес-процессов и оперативно адаптироваться к изменяющимся условиям рынка в условиях неопределенности спроса.

### Библиографические ссылки

1. Zhang Ruochen, Zhu Bin. A multiobjective evolutionary algorithm for optimizing the small-world property // *PLoS ONE*. 2024. Т. 19, № 12. С. 1–5. DOI 10.1371/journal.pone.0313757.
2. Song Erwei, Wang Mingmei, Zhou Xiaoyu, Wang Erqiang, Guo Cun-Yue. Multi-Objective Optimization and Design for Industrial Vinyl Chloride Reactor by Hybrid Model // *Processes*. 2024. №12. DOI 10.3390/pr12112378.
3. Sobhani Masih. Industrial Automation and AI in industry. 2024. DOI 10.13140/RG.2.2.29988.59529.
4. Liu Jianxu, Shen Zhidan, Li Yansong. Digital Economy, Labor Mobility and Industrial Structure Optimization – Empirical Analysis Based on Mediating Effect and Threshold Effect // *Applications of Optimal Transport to Economics and Related Topics*. 2024. С. 89–104. DOI 10.1007/978-3-031-67770-0\_8.
5. Del Gallo, M.; Mazzuto, G.; Ciarapica, F.E.; Bevilacqua, M. Artificial Intelligence to Solve Production Scheduling Problems in Real Industrial Settings: Systematic Literature Review // *Electronics*. 2023. №12(23). DOI: 10.3390/electronics12234732.
6. Weyrich, Michael. What Is Automation Technology? Basic Terms and Concepts of Automation Technology // *Industrial Automation and Information Technology*. 2024. С. 9-36. DOI 10.1007/978-3-662-69243-1\_2.
7. Cheng Xin, Lyandres Evgeny, Zhou Kaiguo, Zhou Tong. Labor-Replacing Automation and Finance // *Management Science*. 2024 DOI 10.1287/mnsc.2022.02658.
8. Limkar Karishma, Tamboli Fatima. Impact of Automation // *International Journal of Scientific Research in Modern Science and Technology*. 2024. №. 3, С. 13-17. DOI 10.59828/ijrmst.v3i8.243.
9. Воробьев М. С., Вахрушева Е. Н., Володин С. В. Модель оптимизации выпуска продукции машиностроительного предприятия в условиях неопределенности спроса // *Интеллектуальные системы в производстве*. 2024. Т. 22, № 1, С. 56–61. DOI 10.22213/2410-9304-2024-1-56-61.
10. Juneau Josh, Manelli Luciano. Enhancements from Java 9 Through Java 17 // *Java 17 Recipes*. 2022. С. 49-78. DOI 10.1007/978-1-4842-7963-2\_2.
11. Keshani Mehdi, Velican Tudor-Gabriel, Bot Gideon, Proksch Sebastian. AROMA: Automatic Reproduction of Maven Artifacts // *Proceedings of the ACM on Software Engineering*. 2024. № 1, С. 836-858. DOI 10.1145/3643764.
12. Johnson Omoniyi, Olamijuwon Jeremiah, Samira Zein, Ekpobimi Harrison. Developing advanced CI/CD pipeline models for Java and Python applications: A blueprint for accelerated release cycles // *Computer Science & IT Research Journal*. 2024. № 5, С. 2645-2663. DOI 10.51594/csitrj.v5i12.1758.
13. Charatan Quentin, Kans Aaron. Introducing JavaFX // *Programming in Two Semesters*. 2022. С. 557-603. DOI 10.1007/978-3-031-01326-3\_23.
14. Vats P., Mandot M. AVISAR—An Automated Framework for Test Case Selection & Prioritization using GA for OOS // *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*. 2020. Т. 9, №6. С. 1-8. DOI 10.35940/ijitee.F4570.049620.
15. Murphy J., Desell T. Minimizing the EXA-GP Graph-Based Genetic Programming Algorithm for Interpretable Time Series Forecasting // *Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference Companion*. 2024. С. 1686-1690. DOI 10.1145/3638530.3664173.
16. Шегай М. В., Попова Н. Н. Генетический алгоритм оптимизации путеводных деревьев // *Вестник Московского университета*. 2023. Т. 15, №1. С. 54–61. DOI 10.5959/MSU/0137-0782-15-2023-1-54-61.
17. İren E., İren G., Kantarcı A. Data Driven Software Testing with Selenium Apache POI Tool // *IJM-SIT*. 2021. Т. 5, № 2. С. 136–139.
18. Автоматизация и управление производством в машиностроении / О. И. Борискин, С. Н. Ларин, Г. А. Нуждин, М. Г. Нуждин // *Известия ТулГУ*.

2022. № 4. С. 544–551. DOI 10.24412/2071-6168-2022-4-544-551.

19. Kreissner K. MARTin – an open-source platform for microarray analysis // *Frontiers in Bioinformatics*. 2024. Т. 4. DOI 10.3389/fbinf.2024.1329062.

20. Системный анализ, математическое моделирование и оптимизация процесса формирования производственного расписания обработки металлоконструкций / А. А. Большаков, Л. А. Слободянюк, О. Е. Шашихина, Я. А. Ковальчук // *Вестник Технологического университета*. 2021. Т. 24, № 7. С. 84–92.

21. Wang Kung-Min, Wang Kung-Jeng, Chen, Chou-Cheng. Capacitated production planning by parallel genetic algorithm for a multi-echelon and multi-site TFT-LCD panel manufacturing supply chain // *Applied Soft Computing*. 2022. Т. 127. DOI 109371.10.1016/j.asoc.2022.109371.

### References

1. Zhang Ruochen, Zhu Bin. [A multiobjective evolutionary algorithm for optimizing the small-world property]. *PLoS ONE*, 2024, vol 19, no. 12, pp. 1-5. DOI 10.1371/journal.pone.0313757.

2. Song Erwei, Wang Mingmei, Zhou Xiaoyu, Wang Erqiang, Guo Cun-Yue. [Multi-Objective Optimization and Design for Industrial Vinyl Chloride Reactor by Hybrid Model]. *Processes*, 2024, no. 12., pp. 23-38. DOI 10.3390/pr12112378.

3. Sobhani Masih. [Industrial Automation and AI in industry]. 2024. DOI 10.13140/RG.2.2.29988.59529.

4. Liu Jianxu, Shen Zhidan, Li Yansong. [Digital Economy, Labor Mobility and Industrial Structure Optimization – Empirical Analysis Based on Mediating Effect and Threshold Effect]. *Applications of Optimal Transport to Economics and Related Topics*, 2024, pp. 89-104. DOI 10.1007/978-3-031-67770-0\_8.

5. Del Gallo M., Mazzuto G., Ciarapica F. E., Bevilacqua M. [Artificial intelligence to solve production scheduling problems in real industrial settings: Systematic literature review]. *Electronics*, 2023, vol. 12, no. 23, pp. 5-10. DOI 10.3390/electronics12234732.

6. Weyrich M. [What Is Automation Technology? Basic Terms and Concepts of Automation Technology]. *Industrial Automation and Information Technology*, 2024, pp. 9-36. DOI 10.1007/978-3-662-69243-1\_2.

7. Cheng Xin, Lyandres Evgeny, Zhou Kaiguo, Zhou Tong. [Labor-Replacing Automation and Finance]. *Management Science*, 2024, pp. 5-10. DOI 10.1287/mnsc.2022.02658.

8. Limkar Karishma, Tamboli Fatima. [Impact of Automation]. *International Journal of Scientific Research in Modern Science and Technology*, 2024, no. 3, pp. 13-17. DOI 10.59828/ijrmst.v3i8.243.

9. Vorobyev M.S., Vakhrusheva E.N., Vologdin S.V. [Model of optimization of production output of a machine-building enterprise under uncertainty of demand]. *Интеллектуальные системы в производстве*, 2024, vol. 22, no. 1, pp. 56-61 (in Russ.). DOI 10.22213/2410-9304-2024-1-56-61.

10. Juneau Josh, Manelli Luciano [Enhancements from Java 9 Through Java 17]. *Java 17 Recipes*, 2022, pp. 49-78. DOI 10.1007/978-1-4842-7963-2\_2.

11. Keshani Mehdi, Velican Tudor-Gabriel, Bot Gideon, Proksch Sebastian [AROMA: Automatic Reproduction of Maven Artifacts]. *Proceedings of the ACM on Software Engineering*, 2024, no. 1, pp. 836-858. DOI 10.1145/3643764.

12. Johnson Omoniyi, Olamijuwon Jeremiah, Samira Zein, Ekpobimi Harrison. [Developing advanced CI/CD pipeline models for Java and Python applications: A blueprint for accelerated release cycles]. *Computer Science & IT Research Journal*, 2024 no. 5, pp. 2645-2663. DOI 10.51594/csitrj.v5i12.1758.

13. Charatan Quentin, Kans Aaron [Introducing JavaFX]. *Programming in Two Semesters*, 2022, pp. 557-603. DOI 10.1007/978-3-031-01326-3\_23.

14. Vats P., Mandot M. [AVISAR—An Automated Framework for Test Case Selection & Prioritization using GA for OOS]. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, 2020, vol. 9, no. 6, pp. 1-8. DOI 10.35940/ijitee.F4570.049620.

15. Murphy J., Desell T. [Minimizing the EXA-GP Graph-Based Genetic Programming Algorithm for Interpretable Time Series Forecasting]. *Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference Companion*, 2024, pp. 1686-1690. DOI 10.1145/3638530.3664173.

16. Shegay M. V., Popova N. N. [Genetic algorithm for optimization of path trees]. *Vestnik Moskovskogo universiteta*, 2023, vol. 15, no. 1. pp. 54-61 (in Russ.). DOI 10.5959/MSU/0137-0782-15-2023-1-54-61.

17. E. İren, G. İren, A. Kantarcı [Data Driven Software Testing with Selenium Apache POI Tool]. *IJMSIT*, 2021, vol. 5, no. 2, pp. 136–139.

18. Boriskin O.I., Larin S.N., Nuzhdin G.A., Nuzhdin M.G. [Automation and production management in mechanical engineering]. *Izvestiya TulGU*, 2022, no. 4. Pp. 544-551 (in Russ.). DOI 10.24412/2071-6168-2022-4-544-551.

19. Kreissner K. [MARTin – an open-source platform for microarray analysis]. *Frontiers in Bioinformatics*, 2024, vol. 4. DOI 10.3389/fbinf.2024.1329062.

20. Bol'shakov A.A., Slobodyanyuk L.A., Shashikhina O.E., Koval'chuk Ya. A. [System analysis, mathematical modeling and optimization of the process of forming a production schedule for processing metal structures]. *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta*, 2021, vol. 24, no. 7, pp. 84–92 (in Russ.).

21. Wang, Kung-Min, Wang Kung-Jeng, Chen, Chou-Cheng [Capacitated production planning by parallel genetic algorithm for a multi-echelon and multi-site TFT-LCD panel manufacturing supply chain]. *Applied Soft Computing*, 2022, vol. 127. DOI 109371.10.1016/j.asoc.2022.109371.

## Software Prototype Development for Production Plan Management of an Enterprise Based on a Genetic Algorithm

A. V. Demyshev, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

M. S. Vorobyov, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

D. V. Tselishev, Master's student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

S. V. Vologdin, DSc in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

*The article discusses the process of developing a software prototype of an information system for production plan management at mechanical engineering enterprises. The main goal of the system is to minimize equipment and warehouse stocks downtime, which is an important factor in a competitive market. To achieve this goal, a genetic algorithm is used, which helps optimize the process of production taskplanning. The genetic algorithm takes into account a wide range of factors, such as the resource diversity, enterprise financial constraints, including its own funds and the need to attract credit resources to fulfill large orders. This makes the system versatile and flexible depending on the parameters of the enterprise, such as production output, availability of resources and financial capacity.*

*Special attention is paid to the development of the fitness function, which describes the desired result of the system. It includes optimization of resource utilization and minimization of financial costs. The article also describes a system of constraints that takes into account the real situation at the enterprise, including resource reserves, financial and production capacities. The evolutionary mechanism of the genetic algorithm allows the system to select optimal solutions for various production scenarios.*

*The results of the study show that the proposed system is highly flexible and accurate in adapting to various financial and production conditions. During the work on the system, several scenarios were considered that allow to determine how the optimization results change with different initial data. The findings confirm that the use of the developed information system allows to reduce production costs and improve the enterprise efficiency, due to more rational resource utilization and minimization of equipment downtime.*

**Keywords:** information system; mechanical engineering; genetic algorithm; production plan; reserves; equipment; optimization.

Получено: 18.03.24

### Образец цитирования

Дёмышев А. В., Воробьев М. С., Целищев Д. В., Вологдин С. В. Разработка программного прототипа управления производственным планом предприятия на основе генетического алгоритма // Интеллектуальные системы в производстве. 2025. Т. 23, № 1. С. 65–72. DOI: 10.22213/2410-9304-2025-1-65-72.

### For Citation

Demyshev A.V., Vorobyov M.S., Tselishev D.V., Vologdin S.V. [Development of a software prototype for managing the production plan of an enterprise based on a genetic algorithm]. *Intellectual'nye sistemy v proizvodstve*. 2025, vol. 23, no. 1, pp. 65-72. DOI: 10.22213/2410-9304-2025-1-65-72.