

## Когнитивный подход к разработке расписаний занятий на основе модификации генетического алгоритма

Л. А. Лисицин<sup>1</sup> ✉, А.Л. Лисицин<sup>2</sup>, А. Л. Лисицин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Юго-Западный государственный университет  
ул. 50 лет Октября, д. 94, г. Курск 305040, Российская Федерация

<sup>2</sup> Курский государственный университет  
ул. Радищева, д. 33, г. Курск 305000, Российская Федерация

✉ e-mail: leo\_263@mail.ru

### Резюме

**Цель исследования.** Поиск возможностей и ограничений использования когнитивных технологий (КТ) для решения слабоформализованных (творческих) задач в различных областях. Оценка эффективности КТ применения по сравнению с традиционными методами. Анализ применения КТ на основе генетических алгоритмов для оптимизации процессов и решения сложных слабоформализованных задач на примере составления расписания школы.

**Методы.** Использование генетического алгоритма (ГА) для составления расписания путем комбинирования и вариаций данными, подобно эволюционному отбору в природе.

**Результаты.** В результате проведенного программного моделирования с использованием ГА получен вариант расписания для типичной средней городской школы, учитывающий все нормы "школьного" СанПиН и пожелания учителей, отличающийся простотой в использовании и гибкостью при добавлении новых ограничений, а также высокой скоростью работы на обычных офисных компьютерах.

**Заключение.** Актуальность использования генетических алгоритмов для составления расписаний заключается в быстром автоматическом поиске оптимального или приемлемого решения в большом пространстве возможных вариантов, с учетом установленных ограничений и приоритетов, а также в гибкости и адаптивности для различных типов задач.

**Ключевые слова:** когнитивное моделирование; генетический алгоритм; программирование; моделирование; метод случайного подбора данных; автоматизация; составление расписаний; автоматическая генерация; задачи оптимизации.

**Конфликт интересов:** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Для цитирования:** Лисицин Л. А., Лисицин А.Л., Лисицин А. Л. Когнитивный подход к разработке расписаний занятий на основе модификации генетического алгоритма // Известия Юго-Западного государственного университета. 2024; 28(1): 148-162. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2024-28-1-148-162>.

Поступила в редакцию 23.11.2023

Подписана в печать 21.02.2024

Опубликована 27.03.2024

© Лисицин Л. А., Лисицин А.Л., Лисицин А. Л., 2024

## The Use of Artificial Intelligence In Applied Tasks of the Modern Information Society

Leonid A. Lisitsin <sup>1</sup> ✉, Alexander L. Lisitsin <sup>2</sup>, Alexey L. Lisitsin <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Southwest State University  
50 Let Oktyabrya str. 94, Kursk 305040, Russian Federation

<sup>2</sup> Kursk State University  
33, Radishcheva str., Kursk 305000, Russian Federation

✉ e-mail: leo\_263@mail.ru

### Abstract

**Purpose of research.** The search for the possibilities and limitations of using artificial intelligence (AI) to solve poorly formalized (creative) tasks in various fields. Evaluation of the effectiveness of AI application in comparison with traditional methods. Analysis of the use of artificial intelligence based on genetic algorithms to optimize processes and solve complex poorly formalized tasks using the example of school scheduling.

**Methods.** Using a genetic algorithm (GA) to schedule by combining and varying data is similar to evolutionary selection in nature.

**Results.** As a result of the conducted software modeling using GA, a variant of the schedule for a typical urban secondary school was obtained, taking into account all the norms of the "school" SanPiN and the wishes of teachers, characterized by ease of use and flexibility when adding new restrictions, as well as high speed on ordinary office computers.

**Conclusion.** The relevance of using genetic algorithms for scheduling lies in the rapid automatic search for the optimal or acceptable solution in a large space of possible options, taking into account the established limitations and priorities, as well as flexibility and adaptability for various types of tasks.

**Keywords:** artificial intelligence; genetic algorithm; programming; modeling; random data selection method; automation; scheduling; automatic generation; optimization tasks.

**Conflict of interest.** The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**For citation:** Lisitsin L. A., Lisitsin A. L., Lisitsin A. L. The Use of Artificial Intelligence In Applied Tasks of the Modern Information Society. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2024; 28(1): 148-162 (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2024-28-1-148-162>.

Received 23.11.2023

Accepted 21.02.2024

Published 27.03.2024

\*\*\*

### Введение

Развитие современного общества влечет за собой появление очень сложных и больших систем [1]. Этот процесс

связан с постоянным усложнением технологических устройств в экономике, улучшением качества управления технологическими и организационными

структурами. Разработка больших систем отличается от разработки простых систем тем, что здесь возникают проблемы, которые в меньшей степени связаны с изучением свойств и принципов функционирования компонентов, и в большей степени – с выбором оптимальной структуры, оптимального способа организации взаимодействия компонентов, определением оптимальных условий функционирования. Все это приводит к увеличению числа возможных вариантов при разработке, планировании и контроле. Такие задачи стало возможным решать при помощи когнитивного моделирования [2, 3].

Для этого интеллектуальную деятельность человека стали моделировать с помощью систем искусственного интеллекта (ИИ). Существуют три основных направления ИИ: машинное обучение (включает системы программирования ИИ и языки программирования, экспертные системы), нейроподход или искусственный разум (включает нейронные сети, ассоциативное обучение и когнитивное моделирование) и эволюционные алгоритмы (включают генетические алгоритмы) [4, 5, 6].

Искусственный интеллект (ИИ) изначально можно определить как направление информатики, где используются методы и средства для решения слабоформализованных (творческих) задач [7, 8, 9]. ИИ позволяет малоподготовленному пользователю решать сложные творческие задачи, которые не поддаются формализации. КМ изучает по-

знавательные процессы, а ИИ стремится создать компьютерные системы с интеллектуальными способностями. Они взаимосвязаны и взаимно влияют друг на друга.

Генетические алгоритмы (ГА) [10, 11] являются одним из походов ИИ. ГА используют в медицине для оптимизации процессов лечения и предсказания результата заболевания [12]. Они помогают создавать новые лекарственные препараты [13].

Помимо медицины ГА могут быть эффективным инструментом для решения задачи составления расписания учебного заведения. Этот процесс представляется как оптимизационная задача, где нужно найти оптимальное распределение занятий и ресурсов [14]. Процесс продолжается до достижения оптимального или приемлемого расписания в заданном контексте. Критерии остановки могут включать фиксированное количество поколений, достижение определенного значения функции приспособленности или временные ограничения (доступность преподавателей и кабинетов, учебная нагрузка на школьников разных классов, согласно "школьным" СанПиН<sup>1</sup> [15], чередование предметов различных предметных областей

---

<sup>1</sup> Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 сентября 2020 г. N 28 "Об утверждении санитарных правил СП 2.4.3648-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи". URL: [https://base.garant.ru/75093644/#p\\_74](https://base.garant.ru/75093644/#p_74) (дата обращения: 17.10.2023).

по трудности восприятия, по загруженности «трудными» предметами в течение дня и в течение недели, пожелания учителей и многие другие). Генерация расписания происходит без высокой вычислительной сложности и заметного времени ожидания.

Эта задачу можно считать сложной, так как существуют множество ограни-

чений и вручную сделать эффективное расписание для современной школы невозможно.

В настоящее время на рынке программного обеспечения имеется большой ассортимент программ по составлению расписаний. Они представлены в табл. 1.

**Таблица 1.** Системы составления расписания занятий

**Table 1.** Lesson scheduling systems

Название / Title	Краткая характеристика / Brief description
«Ректор 3» (1.9 мБт, от 11800 руб за 1 лицензию за 1 год для юр_лица, учитывает требования СанПиНа)	Программа для составления расписания в средних школах, требуется сопровождение и начальное обучение
«Ректор-Школа» (1.9 мБт, от 11800 руб за 1 лицензию за 1 год для юр_лица, учитывает требования СанПиНа)	Программа для составления расписания в средних школах с профильным обучением, требуется сопровождение и начальное обучение
«Ректор-Колледж» (1.9 мБт, от 13900 руб за 1 лицензию за 1 год для юр_лица, учитывает требования СанПиНа)	Программа для составления расписания в средних специальных учебных заведениях, требуется сопровождение и начальное обучение
Программа «Timetable Wizard», компании «eTimeTable» (1.69 мБт, от 150 \$ за 1 лицензию за 1 год для юр_лица, не учитывает требования СанПиНа)	Программа для составления расписания в учебных заведениях, имеется информационная поддержка
Авторская программа на ГА. (20 кБт исполняемый файл после настройки, бесплатно, учитывает требования СанПиНа)	Программа для расписания на одну неделю для школы и колледжа, начальная настройка по инструкции

Приведенный список можно продолжать, но отсутствие данных в открытом доступе ограничивает просмотр большего числа программ. Программы линейки «Ректор» самые распространенные по использованию в России и ближнем зарубежье. По многочислен-

ным отзывам наибольшей популярностью пользуется программа «Ректор-школа»<sup>1</sup>. Программа «Timetable Wizard»

<sup>1</sup> <https://rector.spb.ru/> - «Ректор 3» — расписание занятий/уроков для школ (дата обращения: 17.10.2023).

имеет хорошие характеристики, но не учитывает оптимизацию с ограничениями СанПиНа и поэтому мало применима для школ в России. Остальные системы (которые не внесены в таблицу для сравнения) обладают следующими стандартными недостатками: большая цена программного продукта (100 тысяч рублей и более), программа требует постоянной сопроводительной поддержки от компании, из-за множества выполняемых функций требуется обучение и переобучение персонала и т.д.

### Материалы и методы

*Цель работы* – требуется разработать программу автоматического составления расписания для средней школы на языке программирования C#. Программа должна иметь низкую стоимость (или свободное распространение), высокую скорость работы (составление расписания до 1 часа на обычном офисном компьютере), проста в использовании, занимать мало памяти на компьютере.

*Научная новизна* статьи заключается в разработке эффективного алгоритма с использованием ГА для составления расписания, который учитывает многочисленные факторы: доступность преподавателей и кабинетов, разность учебной нагрузки в неделю на школьников младших и старших классов, согласно "школьным" СанПиН чередование дисциплин различных предметных областей по трудности восприятия, по загруженности «трудными» предметами в течение дня и в течение недели, поже-

лания учителей выбирать нужное им время, гибко обходить моменты, когда один преподаватель ведет разные предметы, и наоборот.

ГА позволяет находить оптимальные расписания в сложных случаях, когда другие методы не работают. Для моделирования автоматизированного составления расписаний был выбран случайный подбор. Этот метод обеспечивает высокую скорость работы за счет установленных ограничений: каждому предмету соответствует определенный преподаватель, а число параллельных классов минимизировано для уменьшения вычислительной нагрузки на менее производительные компьютеры. Расписание представляется в виде таблицы, столбцы которой соответствуют классам, а строки – допустимому времени занятий. Элементами этой таблицы являются конкретные уроки для каждого класса и времени. Результатом является матрица размером 5 x 11 (количество дней и количество классов).

Общее количество возможных уроков за неделю (максимум 5 рабочих дней по 7 уроков) составляет 385. Индекс урока определяется классом, кабинетом и уроком. Этот индекс должен быть уникальным для каждого класса (то есть, нельзя проводить два урока одновременно для одного класса), и ни один класс не может занимать два кабинета одновременно.

Суть метода. Основная идея метода состоит в преобразовании исходных данных в матрицу расписания размером

$K \times A$ , где  $K$  – количество классов,  $A$  – количество кабинетов (аудиторий)<sup>1</sup>. Матрица расписания отражает классы, уроки и кабинеты в школе. Если результат нас не устраивает, мы пробуем следующий вариант и т.д., пока не найдем подходящий. Изначально матрица заполняется случайными значениями, затем расписание улучшается в соответствии с критериями и ограничениями.

#### Алгоритм работы программы

Определение основной задачи: целью составления расписания является оптимальное распределение учебных ресурсов.

Представление расписания в виде генетической структуры: определим, как будет представлено расписание в генетической алгоритме. Для составления расписания используем следующие множества:  $D$  – учебные предметы;  $K$  – классы;  $P$  – учителя;  $T$  – время уроков. Расписание можно представить в виде декартова произведения – функции  $g = (D_i * K_k * P_l * T_p) \rightarrow \{0,1\}$ , где  $i$  – индекс предмета;  $k$  – индекс класса;  $l$  – индекс учителя;  $p$  – индекс урока. Значение  $g = 1$  означает, что указанный предмет у указанного класса проводится в указанное время учителем  $P$ . Таким

образом,  $g$  указывает, включен ли данный вариант в расписание или нет.

Для генетического алгоритма определим особь - это возможный вариант расписания. Хромосомой является один класс. Хромосома будет состоять из генов – это общее количество занятий за неделю для каждого класса. Ген - это количество уроков за неделю для каждого класса, закодированное в виде  $K33$ , где  $K$  - номер класса,  $33$  - максимальное количество уроков согласно СанПиНу.  $K01$  до  $K33$  представляют гены в двоичной системе (первое и  $33$ -е занятия соответственно).  $33$  гена для любого класса составляют хромосому, которая должна изменяться в соответствии с нашими законами (в природе - по законам эволюции) [15].

Стандартные процедуры ГА [16, 17] указаны ниже.

1. Создание начальной популяции: Сгенерируем несколько возможных вариантов расписания (особей), например, с помощью случайного выбора или использования исторических данных.

2. Оценка особей: Оценим каждую особь с помощью функции пригодности, которая учитывает такие критерии, как равномерное распределение учебной нагрузки, учет предпочтений учителей и учеников и т.д.

3. Выбор особей для скрещивания: Выберем пары особей для скрещивания на основе их пригодности (чем выше пригодность, тем больше вероятность быть выбранным для скрещивания).

<sup>1</sup> Автоматизированная информационная система для организации учебного процесса обучения в образовательных организациях "Цифровая кафедра" / Асланов Р. Э., Артемьев И.А., Макеев Д. М., Полубабкин В. П.. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022619924, 26.05.2022. Заявка № 2022618048 от 05.05.2022.



**Рис. 1.** Алгоритм составления расписания на генетическом алгоритме

**Fig. 1.** Genetic algorithm scheduling algorithm

4. Скрещивание особей: Скрещиваем выбранные пары особей, создавая новые особи с новыми вариантами расписания.

5. Мутация особей: Вносим случайные изменения в некоторые особи для увеличения разнообразия популяции.

6. Оценка новых особей: Оцениваем новые особи с помощью функции пригодности.

7. Повторяем шаги 2-6 до тех пор, пока не найдем оптимальное решение или выполним заданное количество итераций.

Пример скрещивания.

Дано: есть два варианта расписания – А и В.

Дано: есть два варианта расписания – А и В.

Вариант А:

Понедельник: Урок 1, Урок 2, Урок 3

Вторник: Урок 4, Урок 5, Урок 6

Среда: Урок 7, Урок 8, Урок 9

Четверг: Урок 10, Урок 11, Урок 12

Пятница: Урок 13, Урок 14, Урок 15

Вариант В:

Понедельник: Урок 1, Урок 2

Вторник: Урок 3, Урок 4

Среда: Урок 5, Урок 6, Урок 7

Четверг: Урок 8, Урок 9, Урок 10

Пятница: Урок 11, Урок 12, Урок 13

Скрещивание:

Создаем новый вариант расписания С, объединяя уроки из варианта А и В следующим образом:

Понедельник: Урок 1, Урок 2 (из варианта А).

Вторник: Урок 3 (из варианта В),  
Урок 4 (из варианта А).

Среда: Урок 5 (из варианта В),  
Урок 6 (из варианта В), Урок 7 (из варианта А).

Четверг: Урок 8 (из варианта В),  
Урок 9 (из варианта А), Урок 10 (из варианта В).

Пятница: Урок 11 (из варианта В),  
Урок 12 (из варианта А), Урок 13 (из варианта А).

Для оценки особей можно использовать функцию пригодности, основанную на следующих критериях:

Равномерное распределение учебной нагрузки: Особь получает больше очков, если учебная нагрузка распределена более равномерно.

Учет предпочтений учителей и учеников: Особь получает больше очков, если расписание учитывает предпочтения учителей и учеников.

Удобство для учеников: Особь получает больше очков, если ученикам удобнее перемещаться между классами и занятиями.

Эффективность использования помещений: Особь получает больше очков, если помещения используются более эффективно.

Занятость помещений: Особь получает меньше очков, если некоторые помещения остаются незанятыми.

Пример. Выбор особей для скрещивания.

В этом примере мы выбираем особи для скрещивания следующим образом:

– Выбираем особь А с самой высокой пригодностью.

– Ищем особь В с наивысшей пригодностью среди всех особей, которые не были выбраны для скрещивания ранее.

– Если такая особь найдена, скрещиваем эти две особи.

– Повторяем процесс, начиная с выбора особи А, до тех пор, пока все особи не будут скрещены.

В этом примере мутация происходит следующим образом:

– Выбираем случайный урок в расписании.

– Изменяем время начала урока на случайное значение, которое не конфликтует с другими уроками.

– Если изменение времени начала урока привело к конфликту с другим уроком, возвращаем время начала урока в исходное состояние и выбираем другой урок для мутации.

Пример работы функции пригодности при составлении расписания

В этом примере функция пригодности вычисляет количество очков, которые получает особь, по следующей формуле:

Пригодность = (Равномерность нагрузки \* Учет предпочтений \* Удобство для учеников \* Эффективность использования помещений) - Занятость помещений, где каждый из множителей принимает значение от 0 до 1, а “-” обозначает операцию штрафования.

Для улучшения качества расписания используется функция качества  $f_i =$

$f_i(G_i)$ . В соответствии с СанПиН, критериями качества являются трудоемкость учебного дня, чередование предметов разных предметных областей, место предметов в расписании и предпочтения учителей. За нарушение этих критериев увеличивается значение штрафа, а функция качества стремится к минимуму.

$$f_i = \sum_{j=1}^{\text{кол-огр}} x_j k_j,$$

где  $i$  – номер эпохи (популяции);  $j$  – вариант при скрещивании и мутации;  $x_j = \{0, 1, 2\}$  – признак нарушения, показывающий наличие и степень нарушения в зависимости от чередования предметных областей (0 – практически не влияет на расписание, 1 – умеренно влияет, 2 – сильно влияет);  $k_j$  – коэффициент значимости критерия (как правило, назначается большим для требований СанПиНа и меньшим для предпочтений учителей, диапазон 0-5).

В программе использован коэффициент антикачества. Термин заимствован из диссертационного исследования Сидоровой Л.З.<sup>1</sup>, где она рассматривала качество образования как результат организации безопасной образовательной среды учебного заведения с учетом регулирования опасностей и рисков достижения качества образования (безопасность личности, нормативы требо-

<sup>1</sup> Сидорова Л. З. Проектирование педагогических ситуаций как средство организации безопасной образовательной среды педагогического колледжа: дис. ... канд. пед. наук. Иркутск, 2008. 249 с.

ваний и т.д.). В данном случае в программе для достижения нужных качественных характеристик вводятся штрафы за нарушение вводимых критериев. Изначально коэффициент антикачества вводится в несколько раз ( в десять и более) превышающий средний уровень штрафов, чтобы программа автоматически неоднократно улучшила все качественные характеристики.

Затем выбираются лучшие расписания для следующего поколения на основе их приспособленности.

После завершения работы генетического алгоритма выбирается лучшее расписание из последней популяции и представляется в формате, удобном для использования школьными администраторами.

### Результаты и их обсуждение

Разработанный алгоритм был реализован на языке C#.

Исходные данные для каждого класса заполняются пользователем вручную.

При помощи таблицы ограничения по предметам можно оперативно изменять нагрузку в течение периода обучения.

Программа позволяет ввести начальное количество популяций (от 0 до 7000) и установить искусственный коэффициент антикачества (который должен стремиться к 0 и является начальным значением штрафа). Качество функции  $f_i = \sum_{j=1}^{\text{кол-огр}} x_j k_j$  зависит от

этого коэффициента. Если установить большое количество популяций, то не всегда можно улучшить расписание, и это занимает много времени (иногда десятки минут), что отражено на графике.

При тестировании на двухъядерном компьютере удалось получить оптимальное расписание на популяциях  $100 \div 3000$  и коэффициенте антикачества 600. Показателем качества расписания служит максимальное значение функции качества  $f_i = f(G_i)$ , при минимальном значении штрафа функции качества  $f_i = \sum_{j=1}^{\text{кол-огр}} x_j k_j$ . Для наглядного изображения, это такое расположение всех предметов в расписании, когда у учителей учащихся нет окон, когда у младших классов нет пяти уроков в день, когда трудные предметы чередуются с легкими и трудные предметы в расписании через день, и т.д.

По построенному графику на рис.2 видно, что график с использованием ГА имеет максимальное качества не при самых больших значениях популяций и коэффициента антикачества. А также изображено, что количество шагов с использованием ГА значительно меньше, чем при полном переборе.

Если встретятся неудобные комбинации, например пустой урок, рекомендуется изменить их вручную или сгенерировать новые.

На рис. 3 показан вид окна в процессе вычисления расписания.



## Выводы

Разработанный алгоритм с последующей программной реализацией обладает следующими достоинствами:

- быстрое освоение пользователем без специальной подготовки;
- основная работа направлена только на ввод начальных данных;

– расписание легко корректируется в ручном режиме и возможна совместная удаленная работа при наборе данных;

– программу можно модернизировать, например, для случая увеличения школы;

– программа будет работать с неполным набором данных;

– программа легко адаптируется к зарубежным учебным учреждениям.

## Список литературы

1. Староверова Н. А., Шустрова М. Л. Искусственный интеллект в профессиональной сфере. Казань: Общество с ограниченной ответственностью "Ред.-издательский центр "Школа", 2022. 84 с.

2. Буйневич И.А., Криушина Ю.А., Халин Ю.А., Катыхин А.И., Криушин Е.А. Метод построения нечеткой когнитивной карты конкурентоспособности машиностроительного предприятия. *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение*. 2023;13(3):146-163. <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2023-13-3-146-163>.

3. Основы нейрокибернетики, генетические алгоритмы. Тула: ТулГУ, 2014. 103 с. EDN XTAFDV.

4. Курейчик В. М., Гладков Л. А., Курейчик В. В. Эволюционное моделирование и генетические алгоритмы. Методы поиска оптимальных решений на основе инспирированных природой систем. Saarbrücken: LAP LAMBERT, 2011. 260 с. EDN GZYNBJ.

5. Лисицин Л. А., Халин Ю. А., Лисицин А. Л. Системы поддержки принятия управленческих решений в условиях неполной информации // *Известия Юго-Западного государственного университета*. 2012. № 4-2 (43). С. 95-99.

6. Bioethics, Artificial Intelligence and Medical Diagnostics / A. G. Chuchalin, V. Yu. Mishlanov, Ya. V. Mishlanov [et al.]. Perm: Academician Ye.A. Vagner Perm State Medical University, 2019. EDN SYBNMU.

7. Сурова Н. Ю., Косов М. Е. Искусственный интеллект. М.: ООО "Издательство "Юнити-Дана", 2021. 408 с. EDN QZEMDW.

8. Остроух А. В. Введение в искусственный интеллект. Красноярск: Научно-инновационный центр, 2020. 250 с. DOI 10.12731/978-5-907208-26-1. EDN KTJGZM.

9. Когнитивное моделирование информационного обеспечения игрового автоматизированного обучения / Ю.А. Халин, А.И. Катыхин, С.А. Зинкин, А.А. Шилин // *Известия Юго-Западного государственного университета*. 2022;26(4):117-131. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2022-26-4-117-131>.

10. Танаев В.С., Шкурба В.В. Введение в теорию расписаний (Экономико-математическая библиотека). М.: Наука, 1975. 256 с.
11. Могилев А. А. Обзор методов решения задач теории расписаний // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование: 2019. №4(37). URL: [ivtio.ru/37.htm](http://ivtio.ru/37.htm).
12. Биоэтика, искусственный интеллект и медицинская диагностика : Посвящается 150-летию открытия Периодического закона химических элементов / А. Г. Чучалин, В. А. Черешнев, В. Ю. Мишланов [и др.]. Пермь : Пермский гос. мед. университет имени академика Е.А. Вагнера, 2019. 208 с. EDN ZDMXHV.
13. Цифровая трансформация и искусственный интеллект в разработке биологически активных веществ и лекарственных форм / Л. В. Погребняк, Е. А. Кульгав, Е. В. Ковтун, А. В. Погребняк. М.: ООО «Издательство «Мир науки», 2022. 201 с. EDN LWVFJC.
14. Антонова В.М., Старцев Е.А., Юрин О.В. Использование DIALOGFLOW в расписании студентов // Методические вопросы преподавания инфокоммуникаций в высшей школе. 2021. Т. 10. № 4. С. 4-8.
15. Буланов Р.В., Долженко А.И. Микросервисная архитектура подсистемы "Расписание занятий ргэу (ринх)" // Информатизация в цифровой экономике. 2020. Т. 1. № 4. С. 141-152.
16. Гармаева Д.А., Казимиров А.С., Попова В.А. Создание информационной системы для представления расписания занятий высшего учебного учреждения // Молодежный вестник ИрГТУ. 2021. Т. 11. № 1. С. 21-28.
17. Голяков С.М., Шилова А.Ю., Шилов Ю.М. Применение теории расписаний для организации учебного процесса общеобразовательных учреждениях // Сборник статей XXV Международной научно-практической конференции «Наука и образование: сохраняя прошлое, создаём будущее». Пенза. Изд-во: Наука и Просвещение, 2019. Ч. 1. С. 42-44.

## References

1. Staroverova N. A., Shustrova M. L. *Iskusstvennyi intellekt v professional'noi sfere* [Artificial intelligence in the professional sphere]. Kazan', 2022. 84 p. EDN PTSPTI.
2. Buinevich I.A., Kriushina Y.A., Khalin Y.A., Katykhin A.I., Kriushin E.A. Method of Construction of a Fuzzy Cognitive Map of the Competitiveness of a Machine-Building Enterprise. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computing Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*. 2023;13(3):146-163. (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2023-13-3-146-163>
3. *Osnovy neirokibernetiki, geneticheskie algoritmy* [Fundamentals of neurocybernetics, genetic algorithms. Tula, TulsU Publ., 2014. 103 p. EDN XTAFDV.

4. Kureychik V. M., Gladkov L. A., Kureychik V. V. *Evolyutsionnoe modelirovanie i geneticheskie algoritmy. Metody poiska optimal'nykh reshenii na osnove inspirirovannykh prirodoi sistem* [Evolutionary modeling and genetic algorithms. Methods of searching for optimal solutions based on nature-inspired systems]. Saarbrücken, LAP LAMBERT Publ., 2011, 260 p. EDN GZYNBJ.

5. Lisitsin L. A., Khalin Yu. A., Lisitsin A. L. *Sistemy podderzhki prinyatiya upravlencheskikh reshenii v usloviyakh nepolnoi informatsii* [Management decision support systems in conditions of incomplete information]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*, 2012, no. 4-2 (43), pp. 95-99.

6. Chuchalin A. G., Mishlanov V. Yu., Mishlanov Ya. V. [et al.] *Bioethics, Artificial Intelligence and Medical Diagnostics*. Perm, Academician Ye.A. Vagner Perm State Medical University Publ., 2019. EDN SYBNMU.

7. Surova N. Y., Kosov M. E. *Iskusstvennyi intellekt* [Artificial intelligence]. Moscow, Unity-Dana Publ., LLC, 2021, 408 p. EDN QZEMDW.

8. Ostroukh A.V. *Vvedenie v iskusstvennyi intellekt* [Introduction to artificial intelligence]. Krasnoyarsk, 2020. 250 p. DOI 10.12731/978-5-907208-26-1. EDN KTJGZM.

9. Khalin Y.A., Katykhin A.I., Zinkin S.A., Shilin A.A. *Cognitive Modeling of Information Support for Game-Based Automated Learning*. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2022;26(4):117-131 (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2022-26-4-117-131>.

10. Tanaev V.S., Shkurba V.V. *Vvedenie v teoriyu raspisaniy (Ekonomiko-matematicheskaya biblioteka)* [Introduction to the theory of schedules (Economic and Mathematical library)]. Moscow, Nauka Publ., 1975, 256 p.

11. Mogilev A. A. *Obzor metodov resheniya zadach teorii raspisaniy «Yuzhnyi federal'nyi universitet»* [Review of methods for solving problems of the theory of schedules "Southern Federal University"]. *Informatika, vychislitel'naya tekhnika i inzhenernoe obrazovanie = Computer Science, Computer engineering and engineering education*, 2019, no.4(37). Available at: [ivtio.ru/37.htm](http://ivtio.ru/37.htm).

12. Chuchalin A. G., Chereshnev V. A., Mishlanov V. Yu. [et al.]. *Bioetika, iskusstvennyi intellekt i meditsinskaya diagnostika: Posvyashchaetsya 150-letiyu otkrytiya Periodycheskogo zakona khimicheskikh elementov* [Bioethics, artificial intelligence and medical diagnostics: Dedicated to the 150th anniversary of the discovery of the Periodic Law of Chemical Elements]. Perm, Perm State Medical University. Academician E.A. Wagner University Publ., 2019. 208 p. EDN ZDMXHV.

13. Pogrebnyak L. V., Kulgav E. A., Kovtun E. V., Pogrebnyak A.V. *Tsifrovaya transformatsiya i iskusstvennyi intellekt v razrabotke biologicheskii aktivnykh veshchestv i lekarstvennykh form* [Digital transformation and artificial intelligence in the development of

biologically active substances and dosage forms]. Moscow, Mir Nauki Publ., LLC, 2022, 201 p. EDN LWVFJC.

14. Antonova V.M., Startsev E.A., Yurin O.V. Ispol'zovanie DIALOGFLOW v raspisaniy studentov [The use of DIALOGFLOW in the schedule of students]. *Metodicheskie voprosy prepodavaniya infokommunikatsii v vysshei shkole = Methodological issues of teaching infocommunications in higher education*, 2021, vol. 10, no. 4, pp. 4-8.

15. Bulanov R.V., Dolzhenko A.I. Mikroservisnaya arkhitektura podsistemy "Raspisanie zanyatii rgeu (rinkh)" [Microservice architecture of the subsystem "Schedule of classes of RSEU (rinh)"]. *Informatizatsiya v tsifrovoi ekonomike = Informatization in the digital economy*, 2020, vol. 1, no. 4, pp. 141-152.

16. Garmaeva D.A., Kazimirov A.S., Popova V.A. Sozdanie informatsionnoi sistemy dlya predstavleniya raspisaniya zanyatii vysshego uchebnogo uchrezhdeniya [Creation of an information system for presenting the schedule of classes of a higher educational institution]. *Molodezhnyi vestnik IrGTU = Youth Bulletin of IrSTU*, 2021, vol. 11, no. 1, pp. 21-28.

17. Golyakov S.M., Shilova A.Yu., Shilov Yu.M. [Application of the theory of schedules for the organization of the educational process]. *Sbornik statei XXV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Nauka i obrazovanie: sokhranyaya proshloe, sozdaem budushchee»* [Collection of articles of the XXV International scientific and practical conference "Science and education: preserving the past, creating the future"]. Penza, 2019. Part 1, pp. 42-44.

---

### Информация об авторах / Information about the Authors

**Лисицин Леонид Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Программная инженерия», Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: leo\_263@mail.ru

**Leonid A. Lisitsin**, Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Software Engineering Department, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: leo\_263@mail.ru

**Лисицин Александр Леонидович**, старший преподаватель кафедры информационной безопасности, Курский государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: vip.lisicin@mail.ru

**Alexander L. Lisitsin**, Senior Lecturer, Information Security Department, Kursk State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: vip.lisicin@mail.ru

**Лисицин Алексей Леонидович**, аспирант кафедры «Программная инженерия», Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: alex25lisitsyn@gmail.com

**Alexey L. Lisitsin**, Post-Graduate Student, Software Engineering Department, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: alex25lisitsyn@gmail.com