УДК 004.8 doi: 10.15827/0236-235X.150.188-196 2025. Т. 38. № 2. С. 188–196

Применение аппарата генетических алгоритмов для определения наряда средств воздушного нападения противника

Е.В. Акодит [1]✉, П.В. Рыбальченко [1]

[1] Военная академия воздушно-космической обороны имени Маршала Советского Союза Г.К. Жукова, г. Тверь, 170100, Россия

Ссылка для цитирования
Акодит Е.В., Рыбальченко П.В. Применение аппарата генетических алгоритмов для определения наряда средств воздушного нападения противника // Программные продукты и системы. 2025. Т. 38. № 2. С. 188–196. doi: 10.15827/0236-235X.150.188-196
Информация о статье
Группа специальностей ВАК: 1.2.2
Поступила в редакцию: 15.11.2024 После доработки: 09.03.2025 Принята к публикации: 12.03.2025

Аннотация. Моделирование боевых действий требует существенных затрат времени, при этом для обеспечения адекватности и достоверности проводимых расчетов моделирование должно быть многовариантным. Проведенный анализ расчетно-аналитической деятельности органов управления показал существенный рост трудозатрат оператора моделирующего комплекса военного назначения. В частности, установлено, что большая часть времени, отводимая на имитационное моделирование, уходит на ввод исходных данных, определяющих сценарии действия воздушного противника. Предложен подход к решению данной проблемы посредством построения интеллектуальной модели, обеспечивающей автоматизированный ввод исходных данных за противника. При этом введенные данные должны удовлетворять требованиям адекватности, а сама интеллектуальная модель требованиям достоверности. Для этого необходимо определить рациональный с точки зрения противника характер действий. В статье рассмотрена одна из важнейших задач – определение номенклатуры и численности средств воздушного нападения, участвующих в ударе. Предложен метод автоматизированного определения наряда средств воздушного нападения в ударе на основе применения аппарата генетических алгоритмов. Разработана фитнес-функция для работы генетического алгоритма, учитывающая ущерб, наносимый заданной совокупности объектов обороны при ударе, а также затраты на нанесение удара. Определены правила инициализации и скрещивания особей (нарядов средств воздушного нападения), правила их отбора для формирования популяции следующего поколения. На конкретном примере рассмотрены условия для решения задачи и определена вычислительная сложность задачи определения наряда средств воздушного нападения. Получены и описаны результаты применения предложенного метода при проведении имитационных экспериментов.

Ключевые слова: генетический алгоритм, имитационный эксперимент, имитационное моделирование, моделирующий комплекс, наряд, средства воздушного нападения, фитнес-функция

Введение. В современных условиях наблюдается отставание возможностей существующих систем имитационного моделирования боевых действий от возросших потребностей органов управления в расчетно-аналитической поддержке процессов выработки управленческих решений, а именно в проведении имитационных экспериментов. При математическом моделировании ключевой задачей, от решения которой зависит качество получаемых результатов, является ввод исходных данных, а именно определение характера действий противника, построение различных вариантов его удара, привлекаемых сил и средств для решения задач и т.д.

Существующие моделирующие комплексы военного назначения не обладают достаточными возможностями для автоматического или автоматизированного формирования вариантов действий противника. Сценарии разрабатываются экспертами на основе имеющихся исходных данных и личного опыта и носят субъективный характер, а полученный вариант может быть подстроен под желаемые результаты (ожидания) без ведома самих экспертов.

В ходе имитационного моделирования операторы моделирующих комплексов выполняют множество операций: определение перечня и ввод необходимых исходных данных, проверка актуальности БД, корректировка параметров вводимых модельных объектов и задание правил их функционирования, проведение имитационных экспериментов (по различным вариантам), получение и интерпретация результатов, их обработка, оформление и выдача потребителю. В свою очередь, каждая операция состоит из множества этапов. Практика показала, что при моделировании боевых действий больше всего времени уходит на ввод исходных данных [1].

Существует множество инструментов для решения этой проблемы:

– технология OCR (оптическое распознавание символов): преобразует печатный или рукописный текст в машиночитаемый, уменьшая необходимость ручной транскрипции [2];

– информационные системы по автоматическому распознаванию документов на основе машинного обучения [3];

– роботизированная автоматизация процессов (RPA); RPA-боты могут копировать действия человека-оператора, включая ввод данных, в различных программных приложениях [4];

– интеграция API; интеграция с другими программными системами обеспечивает плавную передачу данных, сокращая объем их ручного ввода [5];

– разработка новых интерфейсов для ускоренного ввода данных, например, Sensceboard и Dasher;

– обработка и предобработка данных, таких как фильтрация, нормализация, удаление дубликатов и т.д. [6];

– использование шаблонов и форм для ввода; разработка шаблонов и форм, упрощающих и стандартизирующих ввод данных, поможет избежать ошибок и ускорит процесс ввода [7];

– использование специального ПО для сбора данных (Атом.Око, Энергия данных, QБуст, ABBYY FlexiCapture, DocuClipper) и их ввода (Runa WFE, Microsoft Excel, ITFB EasyDoc, Google Sheets, Zoho Forms), позволяющего извлекать конкретную информацию из документов, электронных писем или форм и вводить ее непосредственно в БД или программную систему.

Хотя перечисленные методы обладают значительными возможностями, они не в полной мере соответствуют решению задачи быстрого ввода данных вместе с необходимой и достаточной оценкой намерений противника при нанесении воздушного удара. Несомненное ускорение ввода данных приводит к увеличению погрешности результатов моделирования, а значит, к снижению их достоверности и адекватности, которые являются самыми важными требованиями, предъявляемыми к модели боевых действий [8].

Так, например, применение методов OCR и RPA может привести к пропуску важной информации из-за ошибок распознавания и высоких требований к качеству информации. Кроме того, система не сможет анализировать специфическую информацию.

Процесс машинного обучения сложный, требует больших организационных, вычислительных и временных ресурсов, что ограничивает его применение в военной сфере, особенно в реальном масштабе времени.

Недостатком робота является то, что он не может обеспечить безопасность данных, хотя обрабатывает конфиденциальную информацию.

Интеграция может быть технически сложной и экономически затратной. Также существует проблема совместимости данных и разных форматов, что может снизить качество анализа поступающей исходной информации.

При разработке новых интерфейсов отмечаются высокая стоимость реализации технологий, большие временные затраты и требования к производительности системы.

Модели обработки и предобработки данных, а также решения, в которых используются шаблоны для их ввода и обработки, могут быть предвзятыми и уязвимыми к ошибкам, что приводит к неправильным выводам. Также для их эффективной работы требуется большое количество качественных данных, которые могут отсутствовать. Необходима экспертиза оператора, что опять же требует временных затрат. Следовательно, необходимо искать решение проблемы быстрого ввода данных другими способами. Это возможно за счет применения алгоритмов оптимизации. В данной статье предложен путь решения указанной проблемы путем создания интеллектуальной модели действий воздушного противника в моделирующем комплексе, то есть модели, которая использует системы искусственного интеллекта и реализует алгоритмы оптимизации для ускоренного ввода исходных данных без снижения качества принимаемого решения.

Для определения замысла вероятного противника необходимо решить множество задач. В данной статье остановимся на наиболее важной – определение наряда средств воздушного нападения для поражения заданной совокупности объектов обороны. Настоящая задача является NP-полной и может быть решена в общем случае только методом полного перебора. Известные подходы не позволяют решить ее в заданные интервалы времени в условиях ведения боевых действий.

Существует немало подходов к решению оптимизационных задач с большим количеством оптимизируемых параметров: методы роя частиц, симуляции отжига, муравьиные алгоритмы, метод поиска по шаблону, градиентные методы, метод полного перебора и др. [9, 10]. К их недостаткам следует отнести сильную зависимость от числа оптимизируемых параметров, большую чувствительность к некорректной инициализации, недостаточную реализацию механизмов избегания локальных оптимумов. Реализованные указанными методами алгоритмы существенно замедляют свою работу при увеличении размерности варьируемых параметров и не подходят для решения оперативных задач, близких к реальному масштабу времени. Кроме того, методы требуют значительных вычислительных ресурсов и сложной реализации вычислительного процесса.

Так, для решения были выбраны эволюционные вычисления, а точнее аппарат *генетических алгоритмов* (ГА), поскольку именно они могут предложить эвристический подход к решению оптимизационных задач. Данные алгоритмы позволяют решать задачи оптимизации при наличии большого числа оптимизируемых параметров, имитирующих процессы естественного отбора в живой природе [11].

Достоинствами ГА являются:

– глобальная оптимизация;

– возможность работы с неструктурированными (шумными и неточными) данными;

– гибкость;

– адаптивность;

– параллельная обработка;

– высокая эффективность при решении сложных задач, где пространство решений велико и сложно, например, в комбинаторной оптимизации; в задачах данного класса пространство решений экспоненциально увеличивается с ростом размеров задач, и благодаря эвристическим механизмам ГА может искать среди них оптимальные [11].

Рассмотрим работу созданного метода.

При построении удара главными системообразующими признаками сил и средств, принимающих участие в ударе, являются признаки, фиксирующие свойства совместно наносить определенный уровень ущерба объектам поражения и нести при этом определенные потери. Командование противника будет стремиться решить задачу минимизации своих потерь при максимальном нанесении ущерба исходя из поставленных задач, следовательно, применение средств воздушного нападения должно быть оправданно не только с тактической, но и с военно-экономической точки зрения [12]. Таким образом, возникает научно-прикладная задача оптимизации номенклатуры и численности средств поражения, обеспечивающих требуемый уровень поражения объектов обороны (эффект) при минимальных затратах [12].

Для ее решения определим исходные данные, взяв за основу, например, группировку авиации НАТО в Европе, и определим условия задачи.

Воздушный противник: на авиабазах НАТО в Европе условно находятся около 2 700 самолетов, решающих задачи прорыва и уничтожения системы ПВО (только боевая авиация без учета обеспечивающих самолетов). Всего имеются 1 800 площадок с твердым покрытием. Таким образом, аэродромная сеть развита и условно не ограничена. Оборудованных авиабаз около 60 (https://topwar.ru/130894-rossiya-protiv-nato-sootnoshenie-sil-taktichekoy.aviacii.html). Боевая загрузка самолетов авиационными средствами поражения не учитывается.

Обороняющаяся сторона: в зоне ответственности находятся 150 стационарных объектов обороны, имеющих свойство накопления ущерба, каждый из которых прикрывается средствами *противовоздушной обороны* (ПВО).

В качестве ограничений примем для расчетов только типы истребителей F-16, F-18, F-35 и Tornado. Вероятности прорыва различных *средств воздушного нападения* (СВН) к объектам обороны и коэффициенты ущерба, наносимого объектам обороны при ударе различных СВН, заданы в таблице.

Противник должен определить наряд СВН для нанесения требуемого ущерба $Y_{\text{треб}}$ всем объектам обороны в рамках выделенного ресурса C на проведение массированного авиационного удара.

Как правило, для определения потребного полигонного наряда для поражения объектов используется соотношение

$$x = \frac{\ln\left(1 - W_{\text{ТР}}\right)}{\ln\left(1 - W_1\right)}, \tag{1}$$

где W_1 – вероятность поражения одиночной цели одним СВН; $W_{\text{ТР}}$ – требуемая вероятность поражения [12].

При необходимости можно рассчитать потребный боевой наряд – коэффициент соотношения l между боевым и полигонным нарядами средств поражения, который зависит от эффективности средств поражения и эффективности ПВО:

$$l = x^* = \frac{\ln\left(1 - W_{\text{ТР}}\right)}{\ln\left(1 - (1 - P_{\text{пво}})W_1\right)}, \tag{2}$$

где $P_{\text{ПВО}}$ – эффективность ПВО [11].

Формулы (1) и (2) будут использованы в дальнейшем в качестве ограничений для назначаемого наряда СВН.

Коэффициенты ущерба, наносимого объектам обороны с учетом вероятностей прорыва системы ПВО различных типов СВН

Damage coefficients for defense facilities assuming the probabilities of air defense penetration by different types of air assault vehicles

Тип средства поражения	Вероятность прорыва к объектам обороны			Коэффициент ущерба объектам обороны		
	Средства ПВО 1-го типа	Средства ПВО 2-го типа	Объекты обороны	Средства ПВО 1-го типа	Средства ПВО 2-го типа	Объекты обороны
F16	0.6	0.4	0.3	0.8	0.7	0.2
F18	0.7	0.5	0.4	0.7	0.9	0.2
Tornado	0.8	0.7	0.5	0.8	0.8	0.3
F35	0.9	0.7	0.6	0.9	0.9	0.4

Для получения искомого решения необходимо провести расчет всех возможных вариантов формирования наряда СВН для нанесения удара.

Исходим из условия, что имеются 2 700 самолетов на 60 авиабазах (условно по 45 на каждой) при назначении от 2 до 4 СВН на объект удара. Получим возможное количество сочетаний СВН противника, которое может быть назначено для поражения указанных объектов с одной авиабазы, используя известное выражение

$$C_n^m = \frac{n!}{m! \cdot (n-m)!}; \tag{3}$$

$$C_{45}^2 = \frac{45!}{2! \cdot 43!} = 990; \; C_{45}^3 = \frac{45!}{3! \cdot 42!} = 14\,190;$$

$$C_{45}^4 = \frac{45!}{4! \cdot 41!} = 148\,995,$$

где n – общее количество самолетов на авиабазе; m – наряд самолетов, назначенный для удара.

Умножив полученные результаты на количество авиабаз (60), а также учитывая удары не только по объектам обороны, но и по средствам ПВО и то, что назначенный наряд может быть больше четырех СВН в группе, найдем огромное количество комбинаций.

Напомним, что задача является NP-полной и для ее решения был выбран ГА, который позволит найти рациональное решение за ограниченное время. В общем виде ГА включает в себя несколько этапов (рис. 1).

Для работы алгоритма необходимо задать целевую функцию, показателем эффективности которой будет требуемый ущерб – $Y_{\text{треб}}$, нанесенный объектам обороны в результате удара. Для объектов, обладающих свойством накопления ущерба Y, следует определить однократное поражение объекта, следовательно, суммарный ущерб при ограничениях на выделенный ресурс и заданном количестве объектов составит $Y \approx 150$.

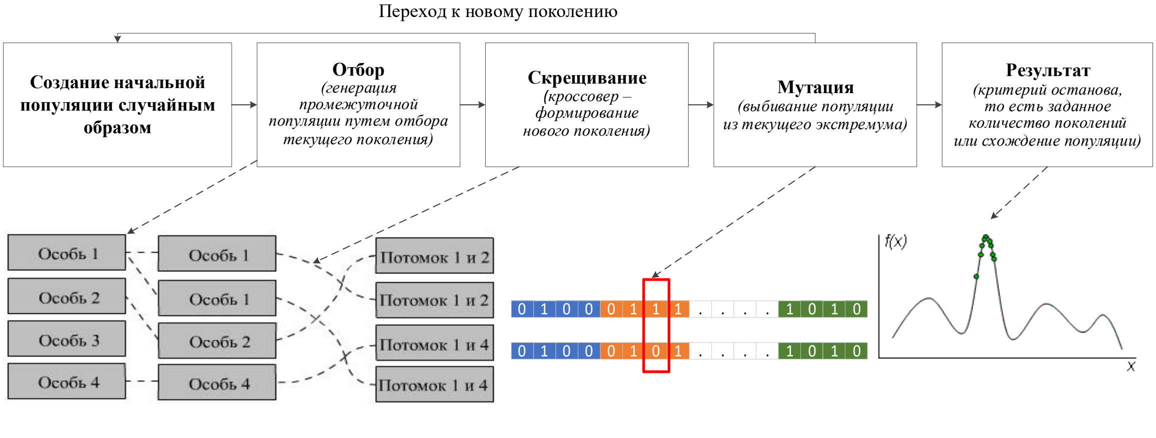


Рис. 1. Общая схема работы ГА

Fig. 1. General scheme of a genetic algorithm

Тогда пусть i – количество типов СВН, находящихся на аэродромах противника; x_{ij} – число СВН, назначенных на j-й объект обороны; $\mu_{ij}(x_{ij})$ – математическое ожидание числа СВН, прорвавшихся к j-му объекту. Если наряд СВН есть x_{ij}, тогда суммарный ущерб Y можно представить в виде целевой функции (в терминах теории эволюционных вычислений фитнес-функции):

$$Y = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} C_i^{'}\left[x_{ij} - \mu_{ij}\left(x_{ij}\right)\right] = \\ = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} C_i^{'}\left[x_{ij} - \left(1 - p_{cij}\right)x_{ij}\right] = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} C_i^{'} p_{cij} x_{ij}, \tag{4}$$

где m – количество типов СВН; n – количество объектов обороны; p_{cij} – вероятность прорыва i-го типа СВН к j-му объекту обороны (вероятность нанесения ущерба); C'_i – коэффициент, характеризующий ущерб, наносимый объекту обороны при ударе i-го типа СВН; x_{ij} – наряд СВН, назначенный по j-му объекту.

Нахождение определенных значений x_{ij} обеспечит требуемый уровень условия $Y \geq Y_{\text{треб}}$ при ограничениях на стоимость, выделенную для удара по заданной совокупности объектов:

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_i x_{ij} \leq C_j, \tag{5}$$

где c_i – стоимость единичного СВН; C_j – общие затраты на нанесение удара по заданной совокупности объектов.

Кроме того, должны быть выполнены условия относительно наряда СВН x_{ij}, а именно:

1) вероятность уничтожения (поражения) любого объекта не меньше заданной:

$$1 - \prod_{i=1}^{m}\left[1 - \left(1 - p_{ckj}\right) p_{ij}\right]^{x_{ij}} \geq p_j, \tag{6}$$

$$j = 1, 2, \ldots, n,$$

где p_{ij} – вероятность преодоления системы ПВО СВН i-го типа при пролете к j-му объекту обороны; p_j – требуемая вероятность поражения j-го объекта обороны;

2) общее количество СВН одного типа не может быть больше, чем в реальности:

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} \leq a_i,\ i = 1, 2, \ldots, m, \tag{7}$$

где a_i – количество СВН соответствующего типа, находящихся на аэродромах;

3) на каждый объект обороны должен быть назначен наряд на поражение $x_{ij} > 0$;

4) количество назначенных СВН не ниже полигонного (или боевого) наряда; здесь ограничение выбирается из (1) или (2):

$$x_{ij} \geq \frac{\ln\left(1 - W_{\text{ТР}}\right)}{\ln\left(1 - W_1\right)}. \tag{8}$$

Условие (8) рассчитывается для всех типов СВН.

Необходимо задать и правила работы ГА. Известны количество и тип объектов обороны, а также количество и тип СВН. Необходимо сформировать особь (общий наряд), которая поставила бы в соответствие каждому объекту обороны определенное количество СВН. При этом назначенное количество СВН не должно быть больше рассчитанного наряда, а значение фитнес-функции (4) должно достигать значения, не ниже требуемого $Y_{\text{треб}}$.

Процесс формирования особи для создания популяции и запуска работы ГА предусматривает следующие действия:

– создается перечень объектов поражения;

– формируется возможный перечень СВН для каждого объекта поражения (в данном случае это перечень всех доступных СВН (по типажу и количеству), находящихся на авиабазах; в итоге получается одна особь (наряд СВН), содержащая в себе все средства поражения, которые могут быть назначены на объект обороны (рис. 2).

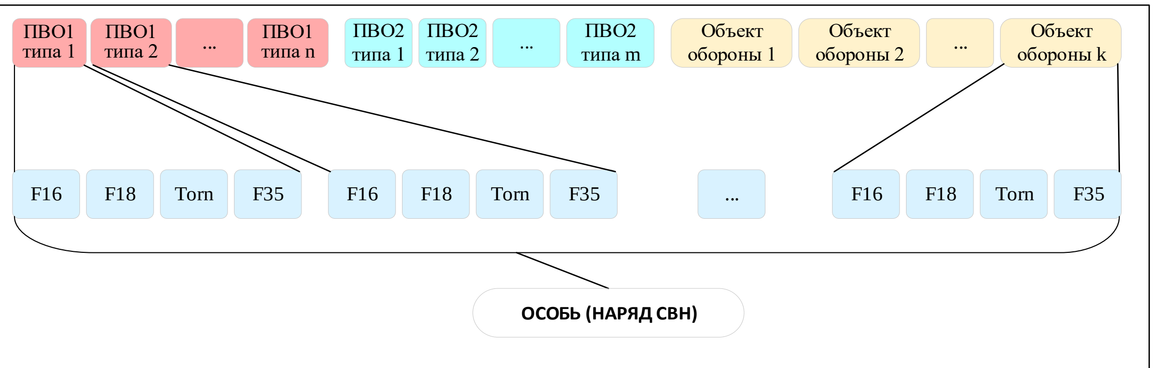


Рис. 2. Принцип формирования особи

Fig. 2. Individual formation principle

По образу созданной особи формируется популяция (рис. 3), которая состоит из большого числа особей. Количество особей в популяции подбирается экспериментально.

При инициализации (присвоении значений членам особи) принимаем следующие ограничения: каждая особь инициализируется случайными значениями (рис. 4) от нуля до общего количества СВН данного типа a_i, на каждый объект обороны не может быть назначено больше СВН, чем рассчитанный полигонный (или боевой) наряд (8). Данные для расчета представлены в таблице.

После этого запускается процедура скрещивания. Она направлена на получение новых особей и случайное перемешивание значений каждой особи (рис. 5). Для ускорения поиска решений при каждом скрещивании точка разреза особей выбирается случайным образом.

На основании полученных оценок фитнес-функции происходит ранжирование особей как в начальной популяции, так и в популяции после скрещивания по критерию максимума фитнес-функции. При этом считается, что оптимальное значение фитнес-функции при условии однократного поражения объекта обороны должно стремиться к общему количеству объектов обороны (рис. 6):

$$Y = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} C_i' p_{cij} x_{ij} \to N_{\text{ПВО1}} + N_{\text{ПВО2}} + N_{\text{ОО}}. \quad (9)$$

F16	F18	Torn	F35	F16	F18	Torn	F35	...	F16	F18	Torn	F35
F16	F18	Torn	F35	F16	F18	Torn	F35	...	F16	F18	Torn	F35
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
F16	F18	Torn	F35	F16	F18	Torn	F35	...	F16	F18	Torn	F35

Рис. 3. Принцип формирования популяции

Fig. 3. Population formation principle

4	3	2	0	0	2	10	5	...	5	2	0	0
8	9	6	5	4	21	0	3	...	1	4	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
4	3	0	0	0	7	3	5	...	5	7	4	0

Рис. 4. Инициализация популяции (каждый член особи получает значение, определяющее количество СВН различного типа)

Fig. 4. Population initialization (each member of the individual receives a value that determines the number of Air Assault Vehicles of different types)

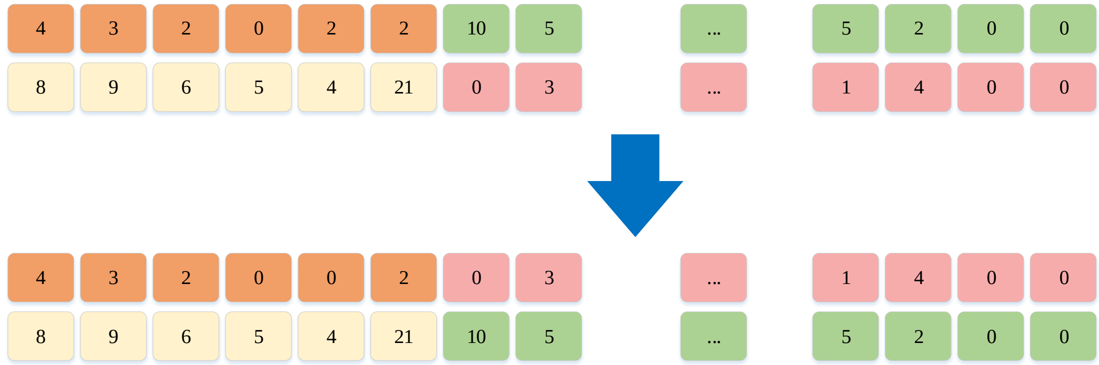


Рис. 5. Процедура скрещивания

Fig. 5. Crossing procedure

После ранжирования особей (рис. 7) производится их отбор. В следующее поколение переходят 10 % лучших (по значениям фитнес-функции) особей из первого и второго поколений (рис. 8) для максимального отсеивания слабых особей.

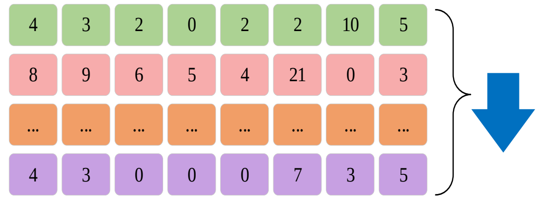
Так как количество особей в популяции должно быть постоянным, новая популяция дополняется новыми особями по ранее установленным правилам. Процесс повторяется до тех пор, пока не будет выполнен критерий останова. Он может выбираться по-разному: пока значение фитнес-функции не перестанет уменьшаться, прирост показателя эффективности после пересчета не более 0,5 % и т.д.

Этап мутации в данном методе не применялся, однако может быть задан при увеличении сложности задачи и количества входных параметров, например, характеристики авиационных средств поражения, уровень подготовки экипажей, техническая готовность самолетов и др.

Таким образом, в результате работы метода будет сформирован рациональный наряд СВН по критерию требуемого суммарного ущерба при ограничениях на стоимость СВН (выделенный ресурс). Полученные значения могут быть использованы оператором моделирующего комплекса для быстрого ввода исходных данных через соответствующий интерфейс.

Проведенные расчеты показали, что для уничтожения объектов обороны сформирован удар из 596 самолетов, выбранных из общего количества 2 700 СВН, что не противоречит имеющимся методикам оценки сил и средств воздушного противника. При этом реализация ГА составила 653 эпохи до достижения критерия останова. Затраченное на реализацию данного варианта время – менее 4 минут.

Таким образом, приведенный метод формирования наряда СВН отличается от известных использованием ГА с измененной процедурой формирования особей, разработанной функцией оптимизации, учитывающей выделенный ресурс на нанесение удара, стоимостью типов СВН и требуемого ущерба при нанесении удара. Тем самым метод учитывает правила ведения боевых действий противником, неполноту знаний о его действиях, реализует механизм целеполагания и достижения целей противника, что позволяет повысить обоснованность формируемых им вариантов ведения боевых действий. Метод может служить основой для решения ряда задач, связанных с оценкой предстоящих действий воздушного противника. Техническая и программная реализация данного метода в перспективном моделирующем комплексе позволит значительно уменьшить время ввода исходных данных для проведения имитационного моделирования большого количества вариантов действий сторон за ограниченное время и в результате повысить оперативность и обоснованность принятых решений.



$$Y=\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}C_i'\left[x_{ij}-\mu_{ij}\left(x_{ij}\right)\right]=\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}C_i'\left[x_{ij}-\left(1-p_{cij}\right)x_{ij}\right]=\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}C_i' p_{cij}x_{ij}$$

Рис. 6. Оценка популяции

Fig. 6. Population assessment

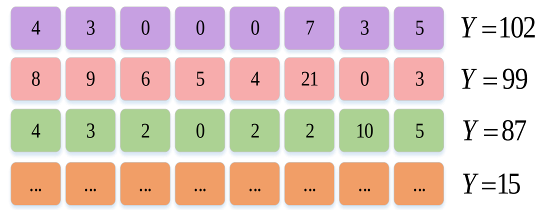


Рис. 7. Ранжирование особей

Fig. 7. Individual ranking

Рис. 8. Формирование новой популяции

Fig. 8. Forming a new population

Список литературы

1. Костров А.С., Гамов М.В. Подход к сокращению времени формирования исходных данных в моделирующих комплексах боевых действий в воздушно-космической сфере // Военная мысль. 2023. № 10. С. 53–56.

2. Бобров К.А., Шульман В.Д., Власов К.П. Анализ технологий распознавания текста из изображения // Междунар. журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. № 3-2. С. 124–128.

3. Комков А.А., Мазаев В.П., Рязанова С.В., Самочатов Д.Н., Кошкина Е.В. Первое исследование медицинской информационной системы RUPATIENT по автоматическому распознаванию медицинской документации на основе «машинного обучения» // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2021. Т. 20. № 8. С. 91–96. doi: 10.15829/1728-8800-2021-3080.

4. Ефимов И.А. RPA. Автоматизация бизнес-процессов в IT-сфере // Вестн. науки. 2023. Т. 1. № 6. С. 116–123.

5. Bokolo A. Simplifying seamless interoperability of digital systems in smart cities using APIs: A systematic literature review. J. of Urban Tech., 2025, vol. 31, no. 4-5, pp. 123–156. doi: 10.1080/10630732.2024.2427543.

6. Хузяханов Е.И., Шарко С.С., Поляков П.М. Эффективные методы предобработки данных: как подготовить данные для машинного обучения // Современные научные исследования и инновации. 2024. № 11. URL: https://web.snauka.ru/issues/2024/11/102801 (дата обращения: 15.12.2024).

7. Павлов А.К., Привалов А.Н. Обзор методов автоматизации разработки документов в организации // Междунар. журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. № 6-3. С. 196–199.

8. Бартош А.А. Модель гибридной войны // Военная мысль. 2019. № 5. С. 6–24.

9. Казакова Е.М. Применение метода роя частиц в задачах оптимизации // Изв. КБНЦ РАН. 2022. № 5. С. 48–57. doi: 10.35330/1991-6639-2022-5-109-48-57.

10. Cuevas E., Caro J.C.R., Reyes A.A., Ayala P.G., Rodriguez A. Optimization in Industrial Engineering. SLEST, 2025, 217 p. doi: 10.1007/978-3-031-74027-5.

11. Thompson J. Genetic algorithms and applications. In: Handbook of Formal Optimization, 2024, pp. 1–26. doi: 10.1007/978-981-19-8851-6_30-1.

12. Буравлев А.И., Брезгин В.С. Методы оценки эффективности применения высокоточного оружия. М.: ИД Академии Жуковского, 2018. 232 с.

Software & Systems doi: 10.15827/0236-235X.150.188-196 2025, 38(2), pp. 188–196

Applying a genetic algorithm to determine the set of enemy airborne weapon

Evgeny V. Akodit [1]✉, Pavel V. Rybalchenko [1]

[1] Zhukov Air and Space Defence Academy, Tver, 170100, Russian Federation

For citation

Akodit, E.V., Rybalchenko, P.V. (2025) ‘Applying a genetic algorithm to determine the set of enemy airborne weapon’, *Software & Systems*, 38(2), pp. 188–196 (in Russ.). doi: 10.15827/0236-235X.150.188-196

Article info

Received: 15.11.2024 After revision: 09.03.2025 Accepted: 12.03.2025

Abstract. Combat operation modeling requires substantial time expenditures. Moreover, modeling should be multivariate to ensure the adequacy and reliability of the calculations performed. The analysis of computational and analytical activities of command and control bodies showed a significant increase in the labor input of the military simulation complex operator. The authors found that most of the time allocated to simulation modeling is spent on inputting the initial data that define air enemy action scenarios. They proposed an approach to solve this problem by building an intelligent model that provides automated input of input data for an enemy. Thus, the entered data should meet the requirements of adequacy, and the intellectual model itself should meet the requirements of reliability. For this purpose, it is necessary to determine the rational nature of action from the enemy's point of view. The paper considers one of the most important tasks – determining the nomenclature and number of air assault vehicles participating in a strike. The authors propose a method of automated determination of air assault vehicles in a strike based on a genetic algorithm apparatus. The developed fitness function for the genetic algorithm considers the damage to a given set of defense objects in a strike, as well as strike cost. The authors define the rules for initialization and crossing of individuals (set of actions of air assault vehicles), rules for their selection to form the next generation population. Using a certain example, they consider the conditions for solving the problem and determine the computational complexity of determining air assault vehicles. The authors obtained and described the application results of the proposed method in simulation modeling.

Keywords: simulation modeling, modeling complex, air attack means, NATO Air Force tactical aviation, fitness function, genetic algorithm, simulation experiment

References

1. Kostrov, A.S., Gamov, M.V. (2023) ‘Approach to decrease the time required for initial data generation in modeling complexes of combat operations in the aerospace field’, *Military Thought*, (10), pp. 53–56 (in Russ.).

2. Bobrov, K.A., Shulman, V.D., Vlasov, K.P. (2022) ‘Analysis of text recognition technologies from image’, *Int. J. of Humanities and Natural Sciences*, (3-2), pp. 124–128 (in Russ.).

3. Komkov, A.A., Mazaev, V.P., Ryazanova, S.V., Samochatov, D.N., Koshkina, E.V., Bushueva, E.V., Drapkina, O.M. (2021) ‘First study of the RuPatient health information system with optical character recognition of medical records based

on machine learning', *Cardiovascular Therapy and Prevention*, 20(8), pp. 91–96 (in Russ.). doi: 10.15829/1728-8800-2021-3080.

4. Efimov, I.A. (2023) 'RPA. Automation of business processes in the IT sphere', *Bull. of Sci.*, 1(6), pp. 116–123 (in Russ.).

5. Bokolo, A. (2025) 'Simplifying seamless interoperability of digital systems in smart cities using APIs: A systematic literature review', *J. of Urban Tech.*, 31(4-5), pp. 123–156. doi: 10.1080/10630732.2024.2427543.

6. Khuzyakhanov, E.I., Sharko, S.S., Polyakov, P.M. (2024) 'Effective data preprocessing techniques: How to prepare data for machine learning', *Modern Scientific Researches and Innovations*, (11), available at: https://web.snauka.ru/issues/2024/11/102801 (accessed December 15, 2024) (in Russ.).

7. Pavlov, A.K., Privalov, A.N. (2024) 'Overview of automation methods for document development in an organization', *Int. J. of Humanities and Natural Sciences*, (6-3), pp. 196–199 (in Russ.).

8. Bartosh, A.A. (2019) 'The model of hybrid warfare', *Military Thought*, (5), pp. 6–24 (in Russ.).

9. Kazakova, E.M. (2022) 'Application of particle swarm method in the optimization problems', *News of the Kabardino-Balkar. Sci. Center of RAS*, (5), pp. 48–57 (in Russ.). doi: 10.35330/1991-6639-2022-5-109-48-57.

10. Cuevas, E., Caro, J.C.R., Reyes, A.A., Ayala, P.G., Rodriguez, A. (2025) *Optimization in Industrial Engineering. SLEST*, 217 p. doi: 10.1007/978-3-031-74027-5.

11. Thompson, J. (2024) 'Genetic algorithms and applications', in *Handbook of Formal Optimization*, pp. 1–26. doi: 10.1007/978-981-19-8851-6_30-1.

12. Buravlev, A.I., Brezgin, V.S. (2018) *Methods for Assessing the Effectiveness of High-precision Weapons*. Moscow, 232 p. (in Russ.).

Авторы

Акодит Евгений Вадимович [1],
адъюнкт, revers_8484@mail.ru

Рыбальченко Павел Викторович [1],
к.т.н., докторант,
rblbalkap@mail.ru

[1] Военная академия воздушно-космической обороны
имени Маршала Советского Союза Г.К. Жукова,
г. Тверь, 170100, Россия

Authors

Evgeny V. Akodit [1], Adjunct,
revers_8484@mail.ru

Pavel V. Rybalchenko [1],
Cand. of Sci. (Engineering),
Doctoral Student, rblbalkap@mail.ru

[1] Zhukov Air and Space
Defence Academy,
Tver, 170100, Russian Federation