



## Комплексный подход к оптимизации обеспечения ресурсами в критических условиях: от линейных моделей к динамическому моделированию

*А.А. Долгов*

*Академия управления МВД России*

**Аннотация:** Статья посвящена проблеме оптимизации обеспечения ресурсами в организационных системах, с учетом факторов агрессивной внешней среды. Основная задача - разработка модели, которая позволит сократить издержки при обеспечении ресурсами в условиях различных критериев и ограничений. Автор предлагает использовать математическое моделирование для решения этой задачи. Он рассматривает различные подходы к моделированию и оптимизации, включая использование линейных и нелинейных функций, учет времени и других параметров, таких, как время, погода и возможный риск. В статье также обсуждаются конкретные модели внешней среды, которые могут быть использованы при расчете эффективности системы "Обеспечение ресурсами - Внешняя среда". В заключение, автор предполагает, что предложенные подходы помогут повысить понимание процессов оптимизации и применения моделей в реальных условиях.

**Ключевые слова:** Обеспечение ресурсами, математическое моделирование, оптимизация, управление рисками, организационные системы, внешняя среда.

### Введение

Настоящая статья посвящена проблеме оптимизации обеспечения ресурсами при управлении рисками в организационных системах, и рассматривает математическое моделирование для учёта факторов агрессивной внешней среды.

Сущность проблемы сводится к тому, что в настоящее время ресурсы играют ключевую роль в любой области деятельности, будь то производство, исследования и разработки или специальные операции. Оптимальное обеспечение ресурсами является одной из основных задач, стоящих перед управлением в организационных системах. В этом контексте возникает необходимость в моделировании и оптимизации сбережения ресурсов.

Актуальность данного исследования продиктована сложившимся в Российской Федерации положением, в рамках которого Президент РФ сформулировал целевые задания по поставкам оборудования и техники для

---

силовых структур, а также других направлений в условиях специальной военной операции.

В современных условиях динамичные изменения ситуации, в ходе подготовки и обеспечения ресурсами подразделений силовых структур, постоянно усложняются, возрастают объемы анализируемой для принятия решений информации, с другой стороны – повышаются требования к оперативности и качеству принятия этих решений [1].

Для дальнейшего понимания и исследования в области автоматизированного управления ресурсным обеспечением или управления с помощью искусственного интеллекта, сначала необходимо рассмотрение данной задачи в виде математического моделирования, что в дальнейшем позволит построить алгоритмы создания программного обеспечения. Необходима наглядная математическая постановка задачи [2].

Цель данного исследования - разработать модель, которая позволит сократить издержки при обеспечении ресурсами в условиях различных критериев и ограничений. Будут рассмотрены различные подходы к моделированию и оптимизации, включая использование линейных и нелинейных функций, учет времени и других параметров, таких как погода и возможный риск.

Автор высказывает предположение, что представленные возможные способы улучшения и дальнейшего развития модели помогут повысить понимание процессов оптимизации и применения моделей в реальных условиях [3].

### **Методы**

Условие задачи: необходимо составить математическую модель расчёта эффективности организационной системы "Обеспечение ресурсами - Внешняя среда" по критериям. Имеются ограниченные критерии - модели внешней среды:

---

1. Модель расчёта эффективности воздействия на ресурсы артиллерийскими и реактивными кассетными средствами поражения;
2. Модель расчёта эффективности при минном воздействии на ресурсы (противотранспортными, объектными, противобортовыми минами) [4];
3. Модель расчёта эффективности при воздействии на ресурсы диверсионных разведывательных групп.

Задача представляет собой сложную многокритериальную проблему оптимизации. Нужно определить эффективность системы “Обеспечение ресурсами - Внешняя среда” на основе различных критериев и моделей внешней среды.

Возможно, подойдет модель многокритериальной оптимизации. Она позволяет учесть все критерии и модели внешней среды. В этой модели каждый критерий или модель внешней среды будет представлен в виде отдельной функции цели, и задача будет заключаться в максимизации или минимизации этих функций. Вот общий вид такой модели:

$$\text{минимизировать/максимизировать } f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x), \quad (1)$$

$$\text{при условии: } g_i(x) \leq 0, i = 1, \dots, m, \quad (2)$$

$$h_j(x) = 0, j = 1, \dots, p, \quad (3)$$

где:

$f_i(x)$  - функции цели, представляющие критерии и модели внешней среды,

$g_i(x)$  - функции ограничений типа “меньше или равно”,

$h_j(x)$  - функции ограничений типа “равно”,

$x$  - вектор решений, представляющий различные параметры системы.

Представленный подход является общим и потребуются дополнительная работа по определению конкретных функций цели и ограничений на основе конкретной задачи.

Каждая из рассматриваемых моделей внешней среды может быть представлена в виде функции цели. Например:

1. Модель оценки рисков от воздействия на ресурсы артиллерийскими и реактивными кассетными средствами поражения может быть представлена функцией  $f_1(x)$ , где  $x$  — это параметры воздействия (например, количество и тип средств поражения);

2. Модель оценки рисков при минном воздействии на ресурсы определена функцией  $f_2(x)$ , где  $x$  — это параметры минного воздействия (например, количество и тип мин);

3. Модель оценки рисков при воздействии на ресурсы диверсионных разведывательных групп — функцией  $f_3(x)$ , где  $x$  — это параметры диверсионного воздействия (например, количество и эффективность диверсионных групп).

Важно отметить, что эти функции должны быть определены таким образом, чтобы они отражали поставленную цель [5]. Например, если цель задачи - максимизировать эффективность, то функции должны быть определены так, чтобы большие значения  $x$  приводили к большим значениям  $f_i(x)$  и наоборот.

Теперь, когда определены функции цели, необходимо определить ограничения. Ограничения могут быть связаны со средствами воздействия противника, временем или другими факторами. Например, если есть ограниченное количество артиллерийских средств поражения, можно добавить следующее ограничение:

---

$$g_1(x) \leq 0, \quad (4)$$

где  $g_1(x)$  — это функция, представляющая количество используемых средств поражения, и  $0$  — это максимальное доступное количество.

Предполагается, что в задаче есть следующие числовые значения для текущих параметров:

1. Воздействие артиллерийскими и реактивными кассетными средствами поражения:  $x_1=10$  (единиц воздействия);
2. Минное воздействие на ресурсы:  $x_2=5$  (единиц воздействия);
3. Воздействие на ресурсы диверсионных разведывательных групп:  $x_3=3$  (единицы воздействия).

В данном случае можно определить функции цели. Представляется, что каждая функция цели  $f_i(x)$  просто равна соответствующему параметру  $x_i$ , то есть  $f_i(x)=x_i$  для всех  $i$ . Это означает, что необходимо минимизировать каждый из этих параметров, т.е. иметь минимальные показатели рисков от воздействия на ресурсы.

Допускается, что есть ограничение на общее количество ресурсов, которое можно использовать. Оно может быть представлено функцией:

$$g(x) = x_1 + x_2 + x_3 \leq 20, \quad (5)$$

В результате, рассматриваемая задача оптимизации выглядит следующим образом:

$$\text{Минимизировать риски} \quad f_1(x) = x_1, f_2(x) = x_2, f_3(x) = x_3, \quad (6)$$

при условии по средствам воздействия (5)

Рассматриваемые модели могут стать более точными, если данные или условия поставленной задачи меняются со временем или имеют элемент случайности. При таком подходе можно использовать стохастические или динамические модели, которые учтут изменения со временем и предскажут будущие значения на основе текущих данных и хронологических тенденций.

На данном этапе задача нуждается в усложнении. Предполагается, что входящие данные или условия меняются со временем или имеют элемент случайности. Вместо того, чтобы считать параметры  $x_i$  фиксированными, можно считать их случайными переменными, которые подчиняются определенному распределению вероятностей. Например, воздействие артиллерийскими и реактивными кассетными средствами поражения может быть случайной переменной, которая подчиняется нормальному распределению с определенным средним и стандартным отклонением.

Нужно учесть изменения со временем, добавив временной параметр  $t$  в функции цели и ограничения. Например, эффективность при воздействии на ресурсы диверсионных разведывательных групп может меняться со временем в зависимости от различных факторов, таких, как уровень тревоги личного состава, количество доступных ресурсов или состояние внешней среды.

Таким образом, задача оптимизации может выглядеть так:

$$\text{Минимизировать: } f_1(x_1, t), f_2(x_2, t), f_3(x_3, t), \quad (7)$$

$$\text{при условии: } g(x_1, x_2, x_3, t) \leq 20, \quad (8)$$

где  $f_i(x_i, t)$  - это стохастические или динамические функции цели, а  $g(x_1, x_2, x_3, t)$  - это стохастическое или динамическое ограничение.

Вместо использования линейных функций для представления критериев и моделей внешней среды, возможно применение нелинейных функций, которые могут быть более точными и позволят учесть более сложные взаимосвязи между переменными.

Выбор подходящей нелинейной функции зависит от многих факторов, включая природу учитываемых данных, цели анализа и понимания моделируемого процесса [6].

Эффективность воздействия на ресурсы может не просто повышаться с увеличением количества используемых средств поражения, но и изменяться в

более сложной, нелинейной манере, что может быть связано с такими факторами, как насыщение, то есть эффективность увеличивается до определенного предела, а затем начинает уменьшаться, или взаимодействие между различными средствами поражения, где использование разных типов средств поражения вместе может быть более эффективным, чем использование их по отдельности.

В данном контексте необходимо рассмотреть квадратичную функцию для изменённой задачи [7]. Предполагается, что эффективность каждого критерия или модели внешней среды может быть представлена квадратичной функцией вида:

$$f_i(x) = a_i \cdot x_i^2 + b_i \cdot x_i + c_i, \quad (9)$$

где  $a_i$ ,  $b_i$  и  $c_i$  — это параметры, которые определяют форму нелинейной функции для каждого критерия или модели внешней среды.

Введение времени в модель может помочь учесть динамические аспекты системы, такие как изменение ресурсов или эффективности воздействия с течением времени [8]. Вместо использования  $x_i$  как фиксированных параметров, нужно рассмотреть их как функции времени  $x_i(t)$ . Это означает, что эффективность каждого критерия или модели внешней среды будет зависеть от времени.

Теперь функции цели выглядят следующим образом:

$$f_i(x(t)) = a_i \cdot x_i(t)^2 + b_i \cdot x_i(t) + c_i \quad (10)$$

Ограничение также может быть функцией времени:

$$g(x(t)) = x_1(t) + x_2(t) + x_3(t) \leq R(t) \quad (11)$$

где  $R(t)$  — это общее количество доступных ресурсов в момент времени  $t$ .

Параметры для предлагаемых квадратичных функций равны  $a_i=1$ ,  $b_i=0.1$  и  $c_i=0$  для всех  $i$ .

Подставляя имеющиеся числовые значения для предложенных параметров, нужно изменить их под текущие условия:

1. Воздействие артиллерийскими и реактивными кассетными средствами поражения:  $x_1(t) = 10 - t$  (единицы воздействия)

2. Минное воздействие на ресурсы:  $x_2(t) = 5 + 0.2t$  (единицы воздействия)

3. Воздействие на ресурсы диверсионных разведывательных групп:  $x_3(t) = 3 + 0.1t$  (единицы воздействия)

Теперь можно подставить эти значения в функции цели:

$$f_1(x(t)) = (10 - t)^2 + 0.1 \cdot (10 - t), \quad (12)$$

$$f_2(x(t)) = (5 + 0.2t)^2 + 0.1 \cdot (5 + 0.2t), \quad (13)$$

$$f_3(x(t)) = (3 + 0.1t)^2 + 0.1 \cdot (3 + 0.1t), \quad (14)$$

Вводится ограничение:

$$g(x(t)) = (10 - t) + (5 + 0.2t) + (3 + 0.1t) \leq 20 \quad (15)$$

Теперь решаемая задача оптимизации выглядит следующим образом:

Минимизировать  $f_1(x(t)), f_2(x(t)), f_3(x(t)), f_4(x(t)),$  (16)

при условии  $g(x(t)) \leq 20,$  (17)

Для дальнейшего усложнения в задачу вводится новый параметр  $w(t)$ , который представит погодные условия в момент времени  $t$ . Этот параметр может быть функцией времени, если погода меняется со временем [9].

Теперь представленные функции цели могут быть переписаны следующим образом, чтобы учесть влияние погоды:

$$f_i(x(t), w(t)) = a_i \cdot x_i(t)^2 + b_i \cdot x_i(t) + c_i \cdot w(t) \quad (18)$$



Здесь  $c_i$  — это новый параметр, который определяет, как погода влияет на каждый критерий или модель внешней среды.

Ограничение также может быть функцией времени и погоды:

$$g(x(t), w(t)) = x_1(t) + x_2(t) + x_3(t) \leq R(t, w(t)), \quad (19)$$

где  $R(t, w(t))$  - это общее количество доступных ресурсов в момент времени  $t$ , которое также может зависеть от погоды.

Как заключительный этап усложнения рассматриваемой задачи, вводится показатель обобщенного риска, связанный с использованием определенных ресурсов [10]. Этот параметр может быть представлен как  $r_i(t)$  для каждого критерия или модели внешней среды, где  $i$  — это индекс критерия или модели.

Теперь функции цели могут быть переписаны следующим образом, чтобы учесть влияние риска:

$$f_i(x(t), w(t), r_i(t)) = a_i \cdot x_i(t)^2 + b_i \cdot x_i(t) + c_i \cdot w(t) - d_i \cdot r_i(t), \quad (20)$$

Здесь  $d_i$  — это новый параметр, который определяет, как риск влияет на каждый критерий или модель внешней среды [11].

Ограничение также может быть функцией времени, погоды и риска:

$$g(x(t), w(t), r(t)) = x_1(t) + x_2(t) + x_3(t) \leq R(t, w(t), r(t)), \quad (21)$$

где  $R(t, w(t), r(t))$  — это общее количество доступных ресурсов в момент времени  $t$ , которое также может зависеть от погоды и риска.

Теперь задача оптимизации выглядит следующим образом:

минимизировать:

$$f_1(x(t), w(t), r_1(t)), f_2(x(t), w(t), r_2(t)), f_3(x(t), w(t), r_3(t)), \quad (22)$$

при условии: 
$$g(x(t), w(t), r(t)) \leq 20, \quad (23)$$

Предполагается, что параметры для этих квадратичных функций равны  $a_i=1$ ,  $b_i=0.1$  и  $c_i=0$  для всех  $i$ . Параметр риска  $d_i=0.05$  для всех  $i$ .

Необходимо ввести числовые значения для существующих параметров в момент времени  $t=9$ :

1. Воздействие артиллерийскими и реактивными кассетными средствами поражения:  $x_1(9) = 10 - 9 = 1$ .

2. Минное воздействие на ресурсы:  $x_2(9) = 5 + 0.2 \cdot 9 = 6.8$ .

3. Воздействие на ресурсы диверсионных разведывательных групп:  $x_3(9) = 3 + 0.1 \cdot 9 = 3.9$

В заключение необходимо предположить, что погода  $w(t)$  в момент времени  $t=9$  равна  $0.5$ , а риск  $r_i(t)$  равен  $0.1$  для всех  $i$ .

Теперь можно подставить эти значения в итоговые функции цели:

$$f_1(x(9), w(9), r_1(9)) = (1)^2 + 0.1 \cdot 1 + 0 \cdot 0.5 - 0.05 \cdot 0.1 = 1.1 - 0.005 = 1.095, \quad (24)$$

$$f_2(x(9), w(9), r_2(9)) = (6.8)^2 + 0.1 \cdot 6.8 + 0 \cdot 0.5 - 0.05 \cdot 0.1 = 46.24 + 0.68 - 0.005 = 46.915, \quad (25)$$

$$f_3(x(9), w(9), r_3(9)) = (3.9)^2 + 0.1 \cdot 3.9 + 0 \cdot 0.5 - 0.05 \cdot 0.1 = 15.21 + 0.39 - 0.005 = 15.595, \quad (26)$$

Ограничение также может быть вычислено:

$$g(x(9), w(9), r(9)) = 1 + 6.8 + 3.9 = 11.7 \leq 20 \quad (27)$$

Таким образом, при времени равном 9, погоде, равной 0.5, и риске, равном 0.1, эффективности для каждого критерия или модели внешней среды равны 1.095, 46.915 и 15.595, соответственно, они удовлетворяют ограничению на общее количество ресурсов.

### Заключение

В ходе данного исследования были рассмотрены различные подходы к моделированию и оптимизации системы с использованием различных параметров, таких, как воздействие на ресурсы, восстановление потерь ресурсов и риск, связанный с использованием определенных ресурсов. В задачу ввелись и учтены динамические аспекты, такие, как изменение

эффективности воздействия и доступности ресурсов со временем, а также влияние погодных условий.

Анализируя данное исследование, можно сделать следующие выводы:

1. Рассмотренная задача была сложной и включала множество переменных и ограничений. Решение такой задачи требует использования методов оптимизации, и, возможно, численных методов или специализированного программного обеспечения.

2. Учет различных параметров, таких, как время, погода и риск, может существенно повлиять на результаты моделирования и оптимизации, что подчеркивает важность тщательного выбора и анализа параметров при построении моделей.

3. Введение нелинейных функций и динамических параметров может существенно усложнить модель, но также может улучшить ее точность и реалистичность.

4. Данное исследование было предварительным, но оно показало, что предложенная теория имеет право на существование, так как показывает положительные результаты. Но для более точного моделирования и оптимизации потребуются дальнейшее исследование и анализ.

### Литература

1. Бычков А.В., Батов В.Ю., Филяев М.П. Проблемные вопросы применения программных инструментальных средств при разработке имитационных моделей процессов материально-технического обеспечения войск (сил) // ИМСВН-2022: Труды Второй всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в военной сфере. 2022. С. 61-67.

2. Беляев С.А., Постников Е.В. Применение вероятностного программирования при решении задачи ракетно-технического обеспечения группировки войск в операции // ИМСВН-2022: Труды Второй

---

всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в военной сфере. 2022. С. 24-30.

3. Долгов А.А. Моделирование рисков транспортировки грузов в особых условиях // Информатизация и информационная безопасность правоохранительных органов: сборник трудов Международной научно-практической конференции. М.: Академия управления МВД России, 2023. С. 102-107.

4. Долгов А.А. Методический подход к прогнозной оценке рисков при обеспечении материальными средствами в условиях потенциального применения противником противотранспортных мин и алгоритм его реализации // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2023. № 10. С. 49-54.

5. Торопов Б.А., Гонов Ш.Х. Статистические методы принятия управленческих решений: сб. задач. М.: АУ МВД России, 2019. 76 с.

6. Минаев В.А., Степанов Р.О., Фаддеев А.О. Арктические риски: моделирование, комплексная оценка, управление: моногр. М. 2022. 420 с.

7. Минаев В. А., Бондарь К.М., Скрипко П.Б., Дунин В.С. Математические модели анализа, оценки, прогнозирования и управления в органах внутренних дел: моногр. Хабаровск: РИО ДВЮИ МВД России. 2022. 308 с.

8. Дружинина О.В., Воронцова В.Л., Зайцев Д.С., Кабанов М.А., Шмелькова А.А. Построение и анализ многомерных нелинейных динамических моделей социально-экономических процессов // Нелинейный мир. 2021. Т. 19. № 4. С. 5-14.

9. Афанасьев, В.Н., Матвеева Н.А. Построение управления для нелинейной системы с квазипостоянными параметрами регулятора // Проблемы управления. 2018. № 1. С. 37-46.

---

10. Шеина С.Г., Новоселова И.В., Дементеев Д.С. Применение технологий информационного моделирования при возникновении чрезвычайных ситуаций // Инженерный вестник Дона, 2023, № 1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2023/8128/.

11. Деменский В.И., Агиев Х.Р., Мальсагов М.Х. Модель взаимодействия двух типов транспорта в смешанных перевозках // Инженерный вестник Дона, 2023. № 7 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2023/8528/.

### References

1. Bychkov A.V., Batov V.Ju., Filjaev M.P. Trudy Vtoroj vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii po imitacionnomu modelirovaniju i ego primeneniju v voennoj sfere. Sankt-Peterburg, 2022. pp. 61-67.

2. Beljaev S.A., Postnikov E.V. Trudy Vtoroj vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii po imitacionnomu modelirovaniju i ego primeneniju v voennoj sfere. Sankt-Peterburg, 2022. pp. 24-30.

3. Dolgov A.A. Informatizacija i informacionnaja bezopasnost' pravoohranitel'nyh organov: sbornik trudov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Moskva, 2023. pp. 102-107.

4. Dolgov A.A. Sovremennaja nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Serija: Estestvennye i tehnicheckie nauki. 2023. № 10. pp. 49-54.

5. Toropov B.A., Gonov Sh.H. Statisticheskie metody` prinyatiya upravlencheskix reshenij: sb. zadach. [Statistical methods of management decision-making: a collection of tasks]. M., 2019. 76 p.

6. Minaev V. A., Stepanov R. O., Faddeev A. O. Arkticheskie riski: modelirovanie, kompleksnaja ocenka, upravlenie [Arctic risks: modeling, integrated assessment, management]: monogr. M., 2022. 420 p.



7. Minaev V.A., Bondar' K.M., Skripko P.B., Dunin V.S., Matematicheskie modeli analiza, ocenki, prognozirovaniya i upravleniya v organah vnutrennih del [Mathematical models of analysis, assessment, forecasting and management in the internal affairs bodies]: monogr. Habarovsk: RIO DVJuI MVD Rossii, 2022. 308 p.
8. Druzhinina O.V., Voroncova V.L., Zajcev D.S., Kabanov M.A., Shmel'kova A.A. Nelinejnyj mir. 2021. T. 19, № 4. pp. 5-14.
9. Afanas'ev V.N., Matveeva N.A. Problemy upravleniya. 2018. № 1. pp. 37-46.
10. Sheina S.G., Novoselova I.V., Dementeev D.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, № 1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2023/8128](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2023/8128).
11. Demenskij V.I., Agiev H.R., Mal'sagov M.H. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, №7. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2023/8528](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2023/8528)

**Дата поступления: 25.03.2024**

**Дата публикации: 6.05.2024**