

УДК 519.711.3

doi: 10.53816/23061456_2025_5–6_3

**КИБЕРНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДОЛЖНОСТНЫМИ ЛИЦАМИ ОРГАНОВ
УПРАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МНОВЕВВАРИАНТНОСТИ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ**

**CYBERNETIC ASPECTS OF INFORMATION SUPPORT FOR DECISION-
MAKING BY GOVERNMENT OFFICIALS IN CONDITIONS OF MULTIPLE
COMBAT OPERATIONS**

Д-р техн. наук В.А. Кежаев

D.Sc. V.A. Kezaev

Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского

Рассматриваются кибернетические аспекты информационной поддержки принятия решений в ходе высокодинамичных боевых действий. Приведено вербальное описание и математическая модель нелинейной задачи на основе минимаксного критерия. Обосновано применение комбинаторного метода к решению сформулированной задачи в интересах информационной поддержки решений, принимаемых в условиях многовариантности боевых действий. Предложен вариант реализации метода динамического программирования в составе специального математического и программного обеспечения автоматизированных рабочих мест должностных лиц органов управления. Выбор метода динамического программирования обосновывается несколькими причинами. Во-первых, данный метод относится к переборным (точным) методам математического программирования. Во-вторых, он обладает преимуществами: перебор происходит не полный, а сокращенный и направленный. Благодаря этим особенностям метод динамического программирования достаточно удобен для решения многовариантных задач управления.

Ключевые слова: математическая модель, комбинаторная задача, информационная поддержка, минимаксный критерий, динамическое программирование, автоматизированное рабочее место.

The cybernetic aspects of information support for decision-making during highly dynamic combat operations are considered. A verbal description and a mathematical model of a nonlinear problem based on a minimax criterion are given. The application of the combinatorial method to the solution of the formulated problem is justified in the interests of information support for decisions made in conditions of multivariate warfare. A variant of the implementation of the dynamic programming method as part of special mathematical and software for automated workplaces of government officials is proposed. The choice of the dynamic programming method is justified for several reasons. Firstly, this method refers to the direct search methods (exact) of mathematical programming. Secondly, it has advantages: the search is not complete, but shortened and directed. Due to these features, the dynamic programming method is quite convenient for solving multidimensional control problems.

Ключевые слова: mathematical model, combinatorial problem, information support, minimax criterion, dynamic programming, automated workplace.

Основу управления в системах военного назначения составляет решение, принимаемое командиром. Чтобы решения были обоснованными, соответствующие начальники, руководители служб представляют ему свои предложения и рекомендации. Очевидно, что при выработке предложений с кибернетической точки зрения, они также принимают решения по результатам всестороннего анализа многовариантности ситуации на поле боя [1–4].

В настоящее время обоснование решений, как правило, осуществляется на основе знаний, личного опыта и интуиции лиц, которые участвуют в этом процессе. В некоторых случаях они используют результаты решения простейших расчетных и информационных задач [5, 6]. Однако модели комбинаторных задач ввиду многовариантности решений, необходимости анализа больших объемов информации и существенных затрат времени, к сожалению, обычно не используются. Кроме того, в составе специального математического и программного обеспечения автоматизированных систем управления [7, 8]: во-первых, не всегда имеются оптимизационные модели задач такой сложности; во-вторых, отсутствуют реализации эффективных методов их решения во всем диапазоне боевых условий.

Поэтому вырабатываемые решения, как правило, далеки от совершенства, требуют дополнительного обоснования и уточнения. Однако на доработку решений необходимо затрачивать большие усилия, изыскивать ресурсы и время. В результате по оперативности реакции на быстрые изменения боевой обстановки принимаемые решения не соответствуют современным требованиям к управлению. Такие решения затрудняют реализацию одного из основных принципов современных боевых действий — управление в режиме времени, близком к реальному [9]. Следовательно, необходимость поиска путей преодоления возникших проблем в данной области приобретает особую актуальность.

Методический подход к организации информационной поддержки принятия решений

Проблема обоснования решений имеет универсальный, всеобъемлющий характер. Она возникает практически в любой сфере целена-

правленной деятельности органов управления и составляет ее принципиальную сущность. Особенно актуальна проблема принятия решений применительно к сложным процессам, характерным для условий боевой обстановки. Процессы создания и использования сложных систем управления связаны с необходимостью принимать большое количество решений, касающихся как системы в целом, так и отдельных ее подсистем и элементов [5, 9].

В предметной области управления войсками и оружием эти решения могут иметь теоретический, методический, информационный, технический, организационный и тому подобный характер. Поэтому частные решения, вырабатываемые должностными лицами органов управления, должны приниматься с позиций системного подхода, то есть с учетом всех существенных связей и взаимосвязей данной подсистемы или элемента с другими элементами системы, и должны быть также обоснованными.

В современных условиях принятие решения, не вполне соответствующего общим интересам системы или недостаточно обоснованного, ведет, как правило, к тяжелым последствиям, в частности к срыву выполнения боевой задачи, к большим потерям вооружения и военной техники [3, 5]. Без преувеличения можно сказать, что проблема принятия решений является центральной проблемой управления объектами и процессами любой сложности и особенно в ходе динамичных боевых действий.

Для решения возникших проблем предлагается использовать возможности автоматизированных рабочих мест (АРМ) должностных лиц органов управления. Опыт показывает, что применяются эти средства не всегда по назначению или не эффективно. Поэтому специальное математическое и программное обеспечение имеющихся АРМ предлагается доработать и использовать его для решения всего спектра боевых задач во всем диапазоне условий их применения. Естественно, для каждого уровня и звена управления следует учитывать специфику конкретных задач управления и особенности функций управления. В этом случае возможно достижение основной цели — обеспечить соответствующим должностным лицам органов управления принятие обоснованных решений в пределах своей компетенции.

В качестве примера рассмотрим сущность обоснования решений, основывающихся на использовании достаточно широкого класса моделей минимаксных задач исследования операций. Для иллюстрации особенностей и порядка решения задачи используем эпизод боевых действий с участием условного формирования.

На одном из этапов боевых действий формирование в составе X средств поражения должно участвовать в мероприятиях, связанных с выполнением K специальных задач.

Известны варианты $\vartheta(x_k)$ выполнения специальных задач с номерами $k, k = \overline{1, K}$.

Требуется найти такой план выполнения всех мероприятий, предусмотренных соответствующими документами, реализация которого позволит минимизировать общее время T выполнения всех задач при следующих условиях:

- выполнение всех задач средствами поражения должно начинаться одновременно;
- обмен средствами поражения в ходе выполнения задач не допускается.

Исходные данные целесообразно представить в виде таблицы, табл. 1.

Примечание.

Каждый вариант характеризуется количеством средств поражения x_k , необходимых для выполнения соответствующей задачи, и временем ее выполнения $t(x_k)$.

Количество вариантов выполнения каждой специальной задачи, как правило, разное.

Чем больше средств поражения выделяется для реализации варианта выполнения специальной задачи, тем меньше времени требуется для его реализации.

На основе вербальной постановки задачи разрабатываем ее математическую модель. Общее время выполнения всех задач развертывания T_Σ будет определяться временем выполнения той задачи, которая завершится позже всех.

Поэтому целевую функцию для этого случая представим в виде выражения

$$T_\Sigma = \max_k \{t(x_k)\}.$$

Под планом выполнения всех мероприятий, предусмотренных соответствующими документами, будем понимать такие значения переменных $x_k, k = \overline{1, K}$, совокупность которых позволит определить наименьшее время T выполнения всех задач при условии, что будут задействованы не более T средств поражения.

Следовательно, в процессе решения необходимо выбрать для каждой задачи такие значения $x_k, k = \overline{1, K}$, при которых величина T будет минимальной (1), то есть

$$T = \min_{x_k} \max_k \{t(x_k)\} \quad (1)$$

при выполнении условия

$$\sum_{k=1}^K x_k \leq X. \quad (2)$$

Так как задача является нелинейной многовариантной, то для ее решения целесообразно воспользоваться одним из комбинаторных методов.

Следует отметить, что сформулированная задача не является тривиальной. Действительно, если по каждой задаче (табл. 1) выбрать вариант с минимальным временем, то получаем недопустимое решение, поскольку будет нарушено условие (2). Напомним, что для реализации варианта с минимальным временем требуется наибольшее количество средств поражения.

Поэтому, в общем случае, для решения задачи в условиях многовариантности боевых действий следует использовать один из методов решения комбинаторных задач, например метод ветвей и границ, метод последовательного анализа

Таблица 1

Исходные данные задачи выполнения плана мероприятий

Номера задач, k											
1			2			...			K		
$\vartheta(x_1)$	x_1	$t(x_1)$	$\vartheta(x_2)$	x_2	$t(x_2)$	...	...	...	$\vartheta(x_K)$	x_K	$t(x_K)$
1			1						1		

вариантов, метод динамического программирования и т.д. [5, 6, 10].

Воспользуемся методом динамического программирования [5], который может быть достаточно просто реализован и адаптирован для включения в состав специального математического и программного обеспечения АРМ. Безусловно, принимая во внимание «проклятие размерности», которым сопровождается применение данного метода, необходимо учитывать возрастание требований к объему оперативной памяти. Тем не менее воспользуемся следующими преимуществами данного метода:

– метод динамического программирования по определению является точным;

– перебор вариантов на каждом шаге решения не полный, а, во-первых, сокращенный и, во-вторых, направленный;

– вычислительные возможности АРМ будут использоваться наиболее эффективно, поскольку вместо сложной многомерной исходной задачи решается множество простых (с вычислительной точки зрения) одномерных задач.

Учитывая особенность данного метода, необходимо на основе анализа целевой функции (1) и ограничения (2) записать функциональное уравнение

$$f_k(X_k) = \min_{x_k} \left\{ \max \left[f_{k-1}(X_k - x_k); t(x_k) \right] \right\};$$

$$\sum_{k=1}^K x_k \leq X_k;$$

$$0 \leq X_k \leq X, \quad k = 1, 2, \dots, K.$$

Принимаем во внимание также то, что решение функционального уравнения можно осуществлять аналитически, графически или табличным способом. Поэтому для удобства реализации метода целесообразно переписать функциональное уравнение в следующем виде:

$$f_k(X_k) = \min_{x_k} \left\{ \max \left[f_{k-1}(X_{k-1}); t(x_k) \right] \right\};$$

$$X_{k-1} + x_k \leq X_k;$$

$$0 \leq X_k \leq X, \quad k = 1, 2, \dots, K.$$

После таких преобразований можно приступить к непосредственному решению функционального уравнения (к решению зада-

чи методом динамического программирования) по шагам.

При этом следует учитывать, что решение сформулированной задачи методом динамического программирования предполагает реализацию двух процедур:

– процедуру «прямого хода», выполнение которой позволит найти T — минимальное время выполнения всех задач;

– процедуру «обратного хода», выполнение которой позволит найти собственно решение исходной задачи, то есть определить конкретные значения x_k — количество средств поражения, необходимых для решения каждой k -й задачи. По величине x_k определяем вариант выполнения $\vartheta(x_k)$ k -й задачи и оптимальное время ее выполнения $t(x_k)$.

Ценность применения данного подхода заключается в том, что кроме оптимального результата лицо, принимающее решение, получает возможность выбирать рациональный вариант из числа полученных на последнем шаге решения. Исходя их конкретных условий боевой обстановки, командир, опираясь на свои знания и анализируя оптимальную последовательность $\{f_k(x_k), X_k\}$, может выбрать и иное решение на выполнение задач (рациональное решение). Например, используя личный опыт, командир может выбрать план, отличающийся по критерию T от оптимального варианта. В этом случае он может сэкономить и создать определенный резерв средств поражения для решения внезапно возникающих и неплановых задач.

Несмотря на многообразие задач, возникающих в области управления, технология обоснования решений, условия применения этой технологии для обоснования решений имеют принципиальную общность. Так, ситуацию, в которой происходит обоснование решений, характеризует совокупность объективных и субъективных факторов, часть которых приведена в табл. 2.

Указанные факторы накладывают существенные ограничения на возможности достижения поставленной цели и выполнение боевой задачи. Более того, в условиях боевой обстановки ситуация очень быстро меняется. Положение усугубляется тем, что в боевых условиях существенно возрастает объем и характер информации,

Факторы, затрудняющие процесс обоснования решений в ходе боевых действий

№ п.п.	Факторы	Характеристика факторов	Примечания
1.	Трудность решения	Сложность поиска наилучшего решения и неоднозначность результатов решения, в зависимости от выбранного критерия	Объективный фактор
2.	Размерность задачи	Большая размерность прикладных задач предметной области управления	Объективный фактор
3.	Сложность боевой ситуации	Трудность описания ситуации, в которой требуется принятие решения	Объективный фактор
4.	Необходимость специальных знаний	Необходимость специальных знаний для формализации задачи с целью последующего использования вычислительных средств	Субъективный фактор
5.	Наличие соответствующих умений и навыков	Потребность в умениях и навыках, позволяющих выбрать наиболее приемлемый метод решения задачи в условиях многовариантности исходной информации	Субъективный фактор
6.	Распределение функций управления	Необходимость в слаженной работе должностных лиц органов управления — рациональное распределение функций управления между оперативным и инженерно-техническим составом в процессе обоснования решений	Субъективный фактор

которая является, как правило, разнородной и разнородной [11, 12]. В условиях большой неопределенности психофизиологические возможности человека не позволяют командиру оперативно реагировать на такие изменения и принимать адекватные решения.

Очевидно, что отсутствие ограничений упрощает задачу принятия решения, однако такие ситуации встречаются на практике крайне редко. Поэтому необходимо использовать методы количественных оценок для обоснования и нахождения оптимальных решений, характерных для соответствующего должностного лица органа управления.

Заключение

Таким образом, кибернетические аспекты информационной поддержки принятия решений должностными лицами органов управления необходимо использовать в практике управления войсками и оружием. Знание научно-методических основ поддержки принятия решений должностными лицами органов управления в боевых условиях на основе моделей многовариантных задач позволяет командиру творчески решать сложные зада-

чи во всем диапазоне условий их реализации. Поэтому необходимо:

- полнее и эффективнее использовать разнородную и разнородную информацию, которая с большим трудом добывается в ходе боевых действий [12];

- грамотно сочетать творческие аналитические способности человека и огромные вычислительные возможности современных автоматизированных систем управления при обосновании решений, принимаемых во всем диапазоне условий ведения боевых действий.

При этом следует помнить, что окончательное решение принимает командир с учетом тех особенностей, которые невозможно предусмотреть в процессе формализации исходной задачи. Поэтому вопросы информационной поддержки принятия решений должны быть постоянно в центре внимания должностных лиц органов управления всех уровней и звеньев.

Список источников

1. Военная доктрина Российской Федерации // Российская газета. Федеральный выпуск № 6570 (298). – 2014. – 30 декабря.

2. Герасимов В.В. Организация обороны Российской Федерации в условиях применения противником «традиционных» и «гибридных» методов ведения войны // Вестник Академии военных наук. 2016. № 2. С. 19–24.

3. Кежаев В.А., Кулешов Ю.В., Суровикин С.В. Актуальные проблемы развития теории управления группировками войск (сил) в интересах повышения эффективности огневого поражения противника с целью локализации международного вооруженного конфликта // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2018. № 1 (100). С. 24–32.

4. Выпасняк В.И. О реализации сетевых принципов управления силами и средствами вооруженной борьбы в операциях (боевых действиях) // Военная мысль. 2009. № 12. С. 23–30.

5. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология: учеб. пособие. 5-е изд. М.: КНОРУС, 2013. 192 с.

6. Калинин В.Н. Теоретические основы системных исследований: учебник. СПб.: Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского, 2016. 291 с.

7. Войцеховский С.В., Калинин С.В. Архитектура и программное обеспечение современных компьютерных систем и сетей войск ВКО: учеб.-методическое пособие. СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2013. 352 с.

8. Кузнецов Н., Расчислов А. Некоторые аспекты совершенствования системы управления общевойсковым формированием нового облика // Военная мысль. 2010. № 6. С. 11–15.

9. Москвин Б.В. Теория принятия решений при управлении военно-техническими системами: учеб. пособие. СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2016. 154 с.

10. Алексеев О.Г., Кежаев В.А., Субботин А.И. Об одной специальной задаче целочисленного программирования // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. 1986. № 4. С. 16–20.

11. Мануйлов Ю.С., Новиков Е.А. Концептуальные основы управления в условиях неопределенности. СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2008. 121 с.

12. Левкин И.М. Комплексная обработка информации: монография. СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2011. 271 с.

References

1. Military doctrine of the Russian Federation // Rossiyskaya gazeta. 30.12.2014. No 6570 (298).

2. Gerasimov V.V. The organization of defense of the Russian Federation in the conditions of the enemy's use of «traditional» and «hybrid» methods of warfare // Bulletin of the Academy of Military Sciences. 2016. No 2. Pp. 19–24.

3. Kezhaev V.A., Kuleshov Yu.V., Surovkin S.V. Actual problems of the development of the theory of control of groups of troops (forces) in the interests of increasing the effectiveness of enemy fire damage in order to localize an international armed conflict // Izvestia of the Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences. 2018. No 1 (100). Pp. 24–32.

4. Vypasnjak V.I. On the implementation of network-centric principles of control of forces and means of armed struggle in operations (combat operations) // Military Thought. 2009. No 12. Pp. 23–30.

5. Wentzel E.S. Operations research: tasks, principles, methodology: textbook. 5th ed. M.: KNORUS, 2013. 192 p.

6. Kalinin V.N. Theoretical foundations of system research: textbook. St. Petersburg: VKA named by A.F. Mozhaisky, 2016. 291 p.

7. Voitsekhovskiy S.V., Kalinichenko S.V. Architecture and software of modern computer systems and networks of East Kazakhstan Region troops: an educational and methodological manual. St. Petersburg: VKA named by A.F. Mozhaisky, 2013. 352 p.

8. Kuznetsov N., Raschislov A. Some aspects of improving the management system of the combined arms formation of a new look // Military thought. 2010. No 6. Pp. 11–15.

9. Moskvina B.V. The theory of decision-making in the management of military-technical systems: a textbook. St. Petersburg: VKA named by A.F. Mozhaisky, 2016. 154 p.

10. Alekseev O.G., Kezhaev V.A., Subbotin A.I. On a special problem of integer programming // Izvestia of the USSR Academy of Sciences. Technical cybernetics. 1986. No. 4. Pp. 16–20.

11. Manuilov Yu.S., Novikov E.A. Conceptual foundations of management in conditions of uncertainty. St. Petersburg: VKA named by A.F. Mozhaisky, 2008. 121 p.

12. Levkin I.M. Complex information processing: monograph. St. Petersburg: VKA named by A.F. Mozhaisky, 2011. 271 p.