

УДК 623.618

doi: 10.53816/23061456_2025_3-4_24

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РАЗМЕЩЕНИЮ И
РЕЗЕРВИРОВАНИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ПО КОМПОНЕНТАМ
РАСПРЕДЕЛЕННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ**

**METHODOLOGY FOR DETERMINING PLACEMENT REQUIREMENTS AND
INFORMATION RESOURCES RESERVATION BY DISTRIBUTED DATABASE
COMPONENTS**

Канд. техн. наук Р.В. Куклин

Ph.D. R.V. Kuklin

Михайловская военная артиллерийская академия

В статье предложен подход к определению требований к размещению данных в распределенной базе данных, который предусматривает возможность эшелонирования и резервирования данных. Применение разработанной методики позволит выработать оптимальный план распределения данных по элементам распределенной базы данных в зависимости от частоты использования конкретных данных конкретным пользователем (программным обеспечением). Причем частота использования динамически изменяется в зависимости от текущих задач и условий обстановки.

Особенностью предложенного подхода является учет обеспечения требуемой устойчивости функционирования автоматизированной системы управления путем эшелонирования и резервирования данных по элементам распределенной базы данных. При этом для непосредственной оценки вариантов размещения информационных ресурсов предлагается применение метода ветвей и границ по критерию минимума суммарного времени обращений к информационным ресурсам.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, распределенная база данных, резервирование данных.

The paper provides an approach to defining data placement requirements in a distributed database, which provides the ability to separate and back up data. The use of the developed methodology will make it possible to develop an optimal plan for distributing data to elements of a distributed database depending on the frequency of use of specific data by a specific user (software). Moreover, the frequency of use dynamically changes depending on the current tasks and conditions of the situation.

The peculiarity of the proposed approach is taking into account ensuring the required stability of the automated control system by separating and backing up data on elements of the distributed database. At the same time, for direct assessment of options for the placement of information resources, the author proposes the use of the method of branches and boundaries according to the criterion of the minimum total time for accessing information resources.

Keywords: automated command and control system, distributed database, data reservation.

Сложность информационно-логической интеграции задач управления в распределенной системе обработки данных обусловлена большим количеством источников и потребителей информации [1, 2], средств обработки и передачи данных, перечнем задач управления [1, 3].

Анализ информационного обеспечения задач управления [1, 4, 5] показал, что большой перечень информационных ресурсов (ИР) одновременно хранится в различных массивах базы данных (БД). Оптимизация области пересечения информационных массивов позволит рационально организовать хранение данных, соответственно уменьшить объемы хранимой в базе информации и времени на её обновление. Данная задача особенно актуальна при построении единой распределенной базы данных (РБД), которой, по сути, и являются БД территориально разнесенных пунктов управления (ПУ) войсками.

Пусть $S_1, S_2, S_3, S_4, \dots, S_n$ — совокупности информационных массивов на уровнях управления войсками. Очевидно, что между данными уровнями существуют информационные взаимосвязи $Y_{12}, Y_{23}, Y_{34}, Y_{45}, \dots, Y_{n-1,n}$, так как при решении задач управления на одном из уровней управления необходимы данные, поступающие с других уровней.

Сложность определения $Y_{12}, Y_{23}, Y_{34}, Y_{45}, \dots, Y_{n-1,n}$, а также стремление минимизации количества информационных связей указывает на необходимость определения:

- информационных взаимосвязей Y_i на каждом из уровней управления;
- информационных взаимосвязей Y_{ij} между объектами различных уровней управления.

Для создания БД в автоматизированных системах управления войсками (АСУВ) применяется два основных подхода [6, 7]:

- хранение ИР в хранилищах данных (на серверах) РБД на уровнях сетей звеньев управления;
- хранение ИР на автоматизированных рабочих местах (АРМ) должностных лиц (ДЛ), которые являются «источником» или «потребителем» именно этих данных.

Для первого подхода (перспективное направление) математическая модель формулируется следующим образом.

Рассмотрим сеть, состоящую из I узлов АСУВ с РБД, состоящей из L компонентов, раз-

мещенных по узлам сети, а для решения задач в ней используется R программ. Причем копии компонентов РБД l_i и программ r_i могут находиться в нескольких узлах АСУВ. При этом обращения (заявки) к массивам информации генерируются программами. Так, выполнение некоторой информационно-расчетной задачи (ИРЗ), которая реализуется в узле i , может потребовать обращения к информационному массиву l_k , хранящемуся в узле k .

Таким образом, математическая формулировка задачи выглядит следующим образом:

$$F = \min_X \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N x_{ij} \lambda_{ij} \beta_{ij}$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^N x_{ij} \geq 1, i = \overline{1, M}; \quad \sum_{j=1}^N v_{ij} x_{ij} \leq v_i, i = \overline{1, M};$$

$$\sum_{j=1}^N p_{ij} x_{ij} \leq p_{\text{доп}}, i = \overline{1, M};$$

$$x_{ij} = \{0; 1\}, i = \overline{1, M}, j = \overline{1, N},$$

где $x_{ij} = 1$, если j -го компонента РБД хранится в i -ом узле сети, $x_{ij} = 0$ — в противном случае;

$\lambda = \lambda_{ij}$ — матрица интенсивностей информационного обмена между узлами системы в процессе функционирования системы;

$\mathbf{V} = \{v_i\}$ — вектор объемов запоминающих устройств в узлах сети для размещения информационных массивов;

$\mathbf{P} = \{p_i\}$ — вектор загрузки каналов передачи данных;

$p_{\text{доп}}$ — обобщенная пропускная способность каналов передачи данных на i -м узле сети;

$\beta = \beta_{ij}$ — матрица коэффициентов, учитывающих предпочтительность хранения компонентов РБД и программ j -го узла сети в i -м узле. Таким образом, математическая модель первого уровня информационно-логической интеграции задач управления представляет собой задачу целочисленного линейного программирования с булевыми переменными. Для решения задач такого рода существует достаточно обширный арсенал методов [5, 8].

При втором подходе (применяемом в настоящее время) к построению РБД каждый АРМ ДЛ хранит на своем жестком диске всю необходимую информацию для ИРЗ. В таком случае ПУ можно представить в виде распределенной

системы обработки данных. Тогда возникает задача определения потребностей и распределения ИР в данной системе.

Пусть в локальной сети решается x_i^* , $i = 1, 2, \dots, m$ задач, которые используют данные из M информационных массивов, расположенных на различных АРМ. Каждая задача x_i^* требует для своего решения набор исходных данных I , который в результате решения преобразуется в выходные данные F . Таким образом:

$$\left[\left\{ I(x_1^*) \rightarrow F(x_1^*) \right\} \right], \left[\left\{ I(x_2^*) \rightarrow F(x_2^*) \right\} \right], \dots, \\ \dots, \left[\left\{ I(x_m^*) \rightarrow F(x_m^*) \right\} \right].$$

Отсюда можно записать два набора данных для комплекса задач:

$$\left\{ I(x_1^*), I(x_2^*), I(x_m^*) \right\} = I; \\ \left\{ F(x_1^*), F(x_2^*), \dots, F(x_m^*) \right\} = F.$$

Однако полученные наборы данных будут дублировать друг друга; так, возможна такая ситуация, что $I(x_n^*) = I(x_{n-k}^*) \cup F(x_k^*)$.

Необходимо получение безызбыточных наборов входных и выходных данных $I_0 = I / F$ и $F_0 = F / I_0$.

Таким образом, возможны несколько вариантов решения задач управления:

– задача x_i^* может быть решена непосредственно на основе I_0 ;

– для решения задачи x_i^* требуется $I_0 \cup F_0$.

Для реализации выражения $I_0 \cup F_0$ необходимо определить F_0 при решении задач x_{n-k}^* , x_k^* , затем, используя необходимые данные из I_0 и F_0 , перейти к решению задачи x_n^* .

Таким образом, время решения комплекса задач в любом из узлов АСУВ зависит от количества информационных связей между ними.

С целью исключения избыточности ИР в компонентах РБД предлагается подход, включающий определение состава наиболее «представительных» задач управления, информационное обеспечение которых обеспечит решение всего комплекса задач [9].

Математическую формулировку задачи выбора наиболее «представительных» задач можно записать в следующем виде: требуется определить минимальное количество задач управления с

учетом того, что их информационные поля перекрывают базу данных для всего комплекса задач.

$$L = \min_{X^*} \sum_{i=1}^m x_i(y_{ij})$$

при ограничениях

$$\sum_{i=1}^m y_{ij} = 1, j = \overline{1, N};$$

$$y_{ij} = \{0; 1\}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, N},$$

где y_{ij} — информационный элемент j -го типа, использующийся (не использующийся) при решении задачи i -го вида.

После определения и оптимизации информационных связей между АРМ ДЛ при выполнении задач управления моделью, соответствующей избранному подходу к построению РБД, переходят к определению рационального варианта размещения необходимых для решения задач управления ИР по компонентам РБД в проектируемой АСУВ.

Для этого должны учитываться входные, промежуточные и выходные данные, процедуры обработки информации и последовательность их реализации.

В основу предполагаемой математической модели рационального размещения информационных элементов целесообразно положить принцип преобразования матричнографовых моделей [9].

Требуемой информацией на этапе технического проектирования АСУВ является информация:

– о взаимосвязях между информационными элементами;

– о задачах управления, решаемых на каждом АРМ;

– об информационных потребностях каждой задачи.

Пусть $X_i^* = \{x_f^{i*}\}, i = \overline{1, M}, f = \overline{1, F}$ — множество решаемых на i -м ПУ задач.

Для каждой задачи x_f^{i*} заданы множество ИР — $Y^f = \{y_l^f\}, l = \overline{1, N^f}$.

При этом ИР могут представлять собой информационные массивы, наборы данных, блоки записей, записи и данные в зависимости от их детализации. Один и тот же ИР y_l^f может использоваться должностными лицами с различной периодичностью.

Для построения оптимальной структуры РБД АСУВ необходимо объединить в единый

интегрированный информационный граф все информационные графы задач, построенные на заданных множествах $Y^f = \{y_i^f\}, i = 1, N^f$.

Исходными данными для построения интегрированного информационного графа являются матрицы:

- распределения задач управления по АРМ на ПУ;
- информационных элементов для решения задач;
- связности информационных элементов.

Под матрицей связности информационных элементов M_c понимается квадратная бинарная матрица, проиндексированная по обеим осям множеством информационных элементов и содержащая запись «1» в позиции (i, j) , если между информационными элементами y_i и y_j существует отношение Q такое, что для получения информационного элемента y_j непосредственно необходимо обращение к информационному элементу y_i . Наличие такого отношения обозначается в виде $y_i Q y_j$, а отсутствие — $y_i \bar{Q} y_j$, чему соответствует запись «0» в позиции (i, j) матрицы M_c .

С учетом преобразования указанных матриц отношения между задачами управления можно представить матрицей стоимости использования информационных элементов в конкретной сети (таблица).

Элементом данной матрицы является комплексный коэффициент важности (ККВ) c_{ij} ИР при использовании его тем или иным ДЛ на одном из рабочих мест. Данный коэффициент можно представить зависимостью:

$$c_{ij} = f(\lambda_{ij}, v_j, w_{ij}),$$

λ_{ij} — частота использования информационного элемента j -го типа при решении комплекса задач в i -м узле сети;

v_j — объем занимаемой памяти информационным элементом j -го типа в мегабайтах;

w_{ij} — важность использования информационного элемента j -го типа при решении задач в i -м узле.

Соответственно, если значение ККВ некоторого ИР на конкретном АРМ мало, то хранение его в БД данного АРМ не целесообразно. При необходимости использования этого элемента, с целью реализации определенной ИРЗ, данный ИР автоматически будет запрошен из той БД, где частота его использования велика. Этот подход к организации хранения ИР предполагает значительное уменьшение информационных потоков, обеспечение целостности информационных элементов в РБД.

Достоинством такого подхода является и то, что при его реализации появляется возможность избежать противоречивости в данных. Так, при существующей технологии организации хранения данных, при изменении качественных характеристик ИР, обновление его в других компонентах РБД проводится с участием человека, хотя новые информационные технологии позволяют автоматизировать этот процесс. Так как АРМ ДЛ в АСУВ объединены в сеть, целесообразно организовать хранение ИР по компонентам РБД, а актуализацию данных проводить автоматически. При этом ИР в компонентах РБД целесообразно хранить по критерию важности их использования при решении задач в каждом из узлов сети.

Таким образом, задача формулируется следующим образом: требуется разместить ИР по

Таблица

Вариант матрицы стоимости использования информационных элементов в конкретной сети

Узлы сети	Состав информационных элементов выбранной совокупности наиболее «предпочтительных» задач										
	x_j				x_{j+k}				x_{j+l}		
	1	2	...	g	$g+1$	$g+2$	...	d	$d+1$	...	$d+s$
1	c_{11}	c_{12}	...	c_{1g}	$c_{1(g+1)}$	$c_{1(g+2)}$	...	c_{1d}	$c_{1(d+1)}$	...	$c_{1(d+s)}$
2	c_{21}	c_{22}	...	c_{2g}	$c_{2(g+1)}$	$c_{2(g+2)}$	...	c_{2d}	$c_{2(d+1)}$	...	$c_{2(d+s)}$
3	c_{31}	c_{32}	...	c_{3g}	$c_{3(g+1)}$	$c_{3(g+2)}$	...	c_{3d}	$c_{3(d+1)}$	...	$c_{3(d+s)}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
i	c_{i1}	c_{i2}	...	c_{ig}	$c_{i(g+1)}$	$c_{i(g+2)}$	...	c_{id}	$c_{i(d+1)}$	...	$c_{i(d+s)}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
M	c_{M1}	c_{M2}	...	c_{Mg}	$c_{M(g+1)}$	$c_{M(g+2)}$	...	c_{Md}	$c_{M(d+1)}$	...	$c_{M(d+s)}$

компонентам РБД АСУВ таким образом, чтобы уменьшить информационные потоки, избежать затрат времени на обновление, ввод информации.

$$L(Y) = \max_Y \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N c_{ij} y_{ij}$$

при ограничениях

$$\sum_{j \in I} y_{ij} d_{ij} \leq r_i, i = \overline{1, M}; \quad \sum_{i \in I} y_{ij} = 1, j = \overline{1, N};$$

$$y_{ij} = \{0, 1\}, i = \overline{1, M}, j = \overline{1, N},$$

где r_i — величина ресурса i -го АРМ (ПУ).

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если ИР } j\text{-го типа хранится на } i\text{-м АРМ;} \\ 0 & \text{— в противном случае.} \end{cases}$$

В результате решения данной задачи будет получена совокупность ИР, размещение которых по компонентам РБД приводит целевую функцию L к максимуму.

Задача при заданных ограничениях является оптимизационной и решается методами целочисленного программирования [5, 8].

Однако при таком подходе к организации безызыточного хранения информационных элементов появляется необходимость сохранения устойчивости управления. Выход из строя АРМ (ПУ) означает потерю определенной компоненты РБД. С учетом того, что компоненты РБД занимают определенное физическое пространство на носителях информации, а пропускная способность каналов передачи данных ограничена характеристиками сети связи, возникает задача оптимального резервирования ИР в РБД АСУВ. Соответственно, в зависимости от уровня внешних воздействий на ПУ, хранение ИР в компонентах РБД целесообразно проводить по критериям:

– минимума вероятности потери информации в АСУВ;

– максимума эффективности работы ДЛ.

Математическую формулировку данной задачи можно представить в следующем виде.

Пусть в состав АСУВ входит определенное количество ПУ, на каждом из которых размещается одна или несколько БД с соответствующими ИР. С учетом того, что территориально на одном ПУ БД находятся на небольшом расстоянии, а огневое воздействие противника ведется по ПУ

в целом, то принято допущение, что выход из строя ПУ подразумевает потерю всей БД.

Исходными данными для решения данной задачи являются матрицы целесообразности хранения резервных копий ИР в других элементах РБД АСУВ $R = \{r_{ij}\}$ и достижимости $D = \{d_{i-j}\}$, где

$$r_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если база } i\text{-го узла сети} \\ & \text{резервируется в } j\text{-м узле;} \\ 0 & \text{— в противном случае.} \end{cases}$$

Элементы массива D позволяют учесть наличие и количество маршрутов между узлами сети.

Элементы r_{ij} массива R определяются исходя из структуры построения РБД АСУВ. Элементы d_{ij} массива D являются производными анализа схемы связи и маршрутноадресной документации.

С учетом ведения показателя вероятности выхода из строя i -го ПУ P_i задача оптимального резервирования компонентов РБД по критерию максимума вероятности сохранения ИР, хранящихся в i -й компоненте РБД, может быть записана в следующем виде: требуется определить оптимальный план резервирования компонентов РБД АСУВ при допустимом увеличении интенсивности информационного обмена в сети, при котором вероятность потери ИР в компонентах РБД будет минимальна.

Математическая формулировка задачи выглядит следующим образом [10]:

$$P(z_i^*) = \min_{z_i} \{P_{ij} z_i\}$$

при ограничениях

$$\lambda_j + \sum_{i=1}^{L_j} \lambda_{ij} z_i \leq \lambda_j^{(\text{доп})}, j = \overline{1, M}; \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{L_j} z_i = 1, j = \overline{1, M}; \quad (2)$$

$$z_i = \{0, 1\}, i = \overline{1, L_j}, j = \overline{1, M}, \quad (3)$$

где z_i — вариант резервирования компоненты РБД j -го ПУ;

$P(z_j^*)$ — вероятность потери j -й компоненты РБД при i -м варианте резервирования.

Интенсивность информационного обмена без учета резервирования для каждого из ПУ определяется по формуле [9]:

$$\lambda_j = \sum_{f=1}^{f_j} v_f^j l_f.$$

При условии резервирования λ_j увеличивается и, соответственно, будет определяться по формуле:

$$\lambda_j = \sum_{f=1}^{f_j} v_f^j l_f + n \sum_{f=1}^g v_f^i l_f,$$

где n — показатель, определяющий количество элементов РБД, в которых проводится резервирование;

v_f^j — объем информационного сообщения f -го вида, поступающего в j -й ПУ;

l_f — частота циркуляции в сети информационного сообщения f -го вида;

v_f^i — объем информационного сообщения f -го вида при передаче его в i -й узел.

Ограничения (1)–(3) позволяют определить вероятность потери j -й компоненты РБД в зависимости от различных вариантов организации резервирования информации в РБД АСУВ [10]. Интенсивность информационного обмена в сети оптимизируется за счет реализации моделей «верхних» уровней, так как они позволят уменьшить объем и интенсивность циркулирующих информационных сообщений в АСУВ. Данные факторы значительно влияют на уровень резервирования компонентов РБД на ПУ при жестких ограничениях на интенсивность информационного обмена.

Определение $P(z_i^*)$ зависит от степени резервирования информации в узлах сети. Следует отметить, что степень резервирования непосредственно связана с интенсивностью информационного обмена. Таким образом, возникает задача определения живучести информации в системе в зависимости от степени резервирования и возможностей сети связи по приему, хранению ИР с учетом целесообразности хранения её в элементах РБД.

Очевидно, что в АСУВ каждый j -й ПУ функционально связан с подмножеством M_j пунктов управления. Только на M^* ПУ целесообразно дублирование компоненты РБД j -го пункта управления. Тогда с учетом, что резервирование осуществляется только на одном из $m_k \in M_j$ ПУ подмножества M_j , ($k \neq j$),

$$P(z_j^*) = 1 - (1 - P_k) + P_k (1 - P_j) r_{kj}.$$

С учетом преобразований данную формулу можно представить будет в следующем виде:

$$P(z_j^*) = P_k (1 - (1 - P_j) r_{kj}).$$

При $r_{kj} = 1$ вероятность сохранения информационной базы j -го узла в системе будет равна $P(z_j^*) = P_k P_j$.

В результате решения задачи для каждого из ПУ получим множество вариантов соотношения резервирования их ИР в других элементах РБД в зависимости от интенсивности информационного обмена в данном контуре управления.

Интенсивность информационного обмена можно оценить временными параметрами T_m , $t_{св}$, t_n , t_p и количеством циклов функционирования n , которое соответствует глубине задачи (задачи дня, ближайшей задачи) L .

Тогда, вероятность нарушения функционирования пункта управления за n циклов с учетом перемещений, развертывания и стационарного функционирования P_i будет определяться по формуле [9]:

$$P_i = \left\{ 1 - e^{-\left[\lambda_1 \frac{1}{4} \frac{L}{v(n+1)} \right]} \times e^{-\lambda_2 \left[\frac{T_m}{n} \frac{1}{4} \frac{L}{(n+1)} (t_{св} + t_p) \right]} \right\}^n.$$

После преобразований вероятность выхода из строя i -го пункта управления за несколько циклов функционирования будет определяться следующим образом.

$$P_i = \left\{ 1 - e^{-\left[\frac{1}{4} \frac{L(\lambda_1 - \lambda_2)}{v(n+1)} + \lambda_2 \left(\frac{T_m}{n} - t_{св} - t_p \right) \right]} \right\}^n,$$

где n — количество перемещений пункта управления за определенное время функционирования;

λ_1 , λ_2 — средняя частота обнаружения, определения координат, подготовку и нанесение удара при перемещении и функционировании ПУ на месте (параметр зависит от среднего времени, необходимого на обнаружение, подготовку и нанесение огневого воздействия противником на ПУ при перемещении и функционировании на месте);

T_m — продолжительность операции (боя);

v — средняя скорость перемещения колонны ПУ на марше. Таким образом, применение

математической модели рационального размещения информационных элементов по компонентам РБД позволит рационально организовать хранение информационного обеспечения задач управления в АСУВ за счет исключения избыточности. Такая организация хранения информационного обеспечения задач управления существенно влияет на интенсивность информационного обмена в сети за счет уменьшения объемов и интенсивности циркуляции сообщений, циркулирующих в АСУВ.

Список источников

1. Воробьев И.Н., Киселев В.А. От современной тактики к тактике сетецентрических действий // Военная мысль. 2020. № 13. С. 365–399.
2. ГОСТ Р 55345–2012/ISO/TS 18876-2:2003. Интеграция промышленных данных для их обмена, обеспечения доступа и коллективного использования. Интеграция и методология отображения. М.: Стандартинформ, 2014. 44 с.
3. ГОСТ РВ 1210–002–2007. Автоматизированные системы управления войсками. Требования к информационному и лингвистическому обеспечению. М.: Стандартинформ, 2007. 35 с.
4. Козичев В.Н., Сухорутченко В.В., Каргин В.Н. Единое информационное пространство Вооруженных Сил Российской Федерации: определение, принципы и аспекты формирования // Военная мысль. 2022. № 5. С. 145–156.
5. Романов П.С. Обоснование путей построения автоматизированных систем управления артиллерийскими формированиями на основе новых информационных технологий: монография. Коломна: КГПИ, 2005. 398 с.
6. Копытко В.К., Шептура В.Н. Проблемы построения единого информационного пространства Вооруженных Сил Российской Федерации и возможные пути их решения // Военная мысль. 2011. № 10. С. 16–26.
7. Месарович М.Д., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир, 1973. 344 с.
8. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. М.: Наука, 1967. 608 с.
9. Баранов Р.П. Оптимизация размещения информационных элементов по компонентам

распределенной базы данных в узлах сети. М.: ЦВНИ МО РФ, 2000. № 57, серия Б. С. 18–24.

10. Бальбердин В.А., Васина О.И., Костогрозов А.И., Яковлев В.И. Военно-технические вопросы создания автоматизированных систем управления Сухопутных войск. М.: Воениздат, 1993. 153 с.

References

1. Vorobyev I.N., Kiselev B.A. From modern tactics to tactics of network-centric actions // Voennaya mysl. 2020. No 13. Pp. 365–399.
2. GOST R 55345–2012/ISO/TS 18876–2:2003. Integrate industrial data for sharing, access, and sharing. Integration and display methodology. M.: Standartinform, 2014. 44 p.
3. GOST RV 1210–002–2007. Automated command and control systems. Requirements for information and linguistic support. M.: Standartinform, 2007. 35 p.
4. Kozichev V.N., Suhorutchenko V.V., Kargin V.N. Unified information space of the Armed Forces of the Russian Federation: definition, principles and aspects of formation // Voennaya mysl. 2022. No 5. Pp. 145–156.
5. Romanov P.S. Justification of ways to build automated control systems for artillery formations based on new information technologies: monograph. Kolomna: KGPI, 2005. 398 p.
6. Kopytko V.K., Sheptura V.N. Problems of building a single information space of the Armed Forces of the Russian Federation and possible ways to solve them // Voennaya mysl. 2011. No 10. Pp. 16–26.
7. Mesarovich M.D., Mako D., Takahara I. Theory of hierarchical multilevel systems. M.: Mir, 1973. 344 p.
8. Bronshtein I.N., Semendyaev K.A. Mathematics Handbook. M.: Nayka, 1967. 608 p.
9. Baranov R.P. Optimization of information elements arrangement by distributed database components in network nodes. M.: CVNI MO RF, 2000. No 57, series B. Pp. 18–24.
10. Balybrdin V.A., Vasina O.I., Kostogryzov A.I., Yakovlev V.I. Military-technical issues of creating automated control systems of the Ground Forces. M.: Voenizdat, 1993. 153 p.