

**А. В. Меньших**, кандидат технических наук  
**Т. В. Меньших**, кандидат технических наук

## **МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО АКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ С УЧЁТОМ СТЕПЕНЕЙ ПРЕДПОЧТЕНИЯ ВАРИАНТОВ ДЕЙСТВИЙ**

### **MODELS AND ALGORITHMS FOR OPTIMIZING OF DECISION-MAKING PROCESS ON RELEVANT INFORMATION, TAKING INTO ACCOUNT THE DEGREES OF PREFERENCE FOR ACTION OPTIONS**

*В работе рассматривается задача оптимизации процессов принятия решений в системах управления специального назначения в условиях жестких временных ограничений, предполагающих возможность использования альтернативных вариантов выполнения отдельных действий по принятию решений, использующих различные наборы исходных данных. Предполагается, что жёсткие временные ограничения не позволяют использовать точные методы оценки точности результатов выполнения различных вариантов действий по имеющейся на данный момент информации, что определяет необходимость использования априорно заданных степеней предпочтения альтернативных вариантов действий.*

*Разработана графовая модель, содержащая информацию обо всех входных и выходных информационных массивах всех вариантов всех потенциальных действий по принятию решений. Данная модель с использованием методов теории сетей Петри упрощена за счёт учёта не потерявшей оперативной ценности информации об оперативной обстановке и априорно заданных степеней предпочтения вариантов действий по принятию решений. Полученная модель позволила разработать метод выбора вариантов действий по принятию управленческих решений.*

*The paper considers the problem of optimization of decision-making processes in special-purpose control systems under severe time constraints, which imply the possibility of using alternative options for performing individual decision-making actions using different sets of input data. It is assumed that severe time constraints do not allow the use of accurate methods for assessing the accuracy of the results of various options for action on the currently available information, which determines the need to use a priori given degrees of preference for alternative courses of action.*

*A graph model has been developed, which contains information about all input and output information arrays of all variants of all potential decision-making actions. This model with the use of Petri nets theory methods is simplified by taking into account the information about operational situation and a priori set degrees of preferences of decision-making options that have not lost their operational value. The resulting model allowed us to develop a method for choosing options for management decisions.*

**Введение.** Эффективность использования систем управления специального назначения (СУ СН) при возникновении чрезвычайных обстоятельств во многом определяется точностью и оперативностью принятия управленческих решений [1—4]. В современных условиях принятие решений в СУ СН осуществляется с использованием эргатических систем принятия решений специального назначения (ЭСПр СН). В этих системах отдельные действия по принятию решений выполняют как лица, принимающие решения (ЛПР), так и технические средства (специализированные вычислительные

комплексы) [3—6] (далее, следуя [2, 5, 6], и тех и другие будем называть элементами ЭСПР СН). Указанные действия взаимосвязаны так, что выходные данные одних действий являются входными данными других.

Принятие решений в СУ СН при возникновении чрезвычайных обстоятельств, как правило, осуществляется в условиях частичной неопределённости исходной информации [2—4]. Указанное обстоятельство требует обеспечения возможности использования элементами ЭСПР СН различных альтернативных вариантов действий, которые должны быть адаптированы к имеющимся на данный момент исходным данным: например, при выборе одного варианта выполнения действия предполагается проведение вычислений по реальным данным, а при выборе другого — по прогнозным. Первый вариант является более приоритетным.

При достаточном ресурсе времени могут быть оценены точность и длительность выполнения каждого допустимого варианта действия элементами ЭСПР СН при принятии решений с учётом в том числе известных данных об оперативной обстановке в зоне чрезвычайной ситуации [2—4]. Указанное обстоятельство позволяет выбрать оптимальный вариант принятия решения, обеспечивающий максимальную точность за заданное время [7—10].

Вместе с тем часто возникает необходимость принятия решений в условиях жестких временных ограничений, не позволяющих использовать перед решением задачи выбора оптимального варианта модели оценки точности и длительности выполнения действий [11, 12]. В этих условиях могут быть использованы различные эвристические подходы, позволяющие осуществлять решений задачи.

В данной работе рассматриваются методы выбора вариантов принятия решений, основанные на использовании не потерявшей оперативной ценности информации об оперативной обстановке в зоне чрезвычайных обстоятельств, а также априорно заданных степеней предпочтения вариантов действий по принятию решений.

**Формализация задачи.** Альтернативные варианты действий по принятию решений возникают в случае возможности использования различных наборов исходных данных для их выполнения. Вследствие этого будет различной точность выполнения действия, что делает одни варианты действий предпочтительнее других.

Определение степеней предпочтения вариантов действий должно быть осуществлено на этапе проектирования системы, что существенно снижает трудоёмкость, а следовательно, длительность решения задачи оптимизации выбора вариантов действий по принятию решений. Учитывая, что степени предпочтения существенно зависят от специфики предметной области, для их нахождения следует использовать различные экспертные методы, например метод анализа иерархий (Саати) [13].

Информация, не потерявшая оперативной ценности, может появиться в системе вследствие выполнения действий на предыдущих циклах управления. Это позволяет не осуществлять повторно выполнение действий, что может существенно сократить длительность процесса принятия решения. Для возможности использования этой информации следует использовать общую модель, содержащую информацию обо всех входных и выходных информационных массивах всех вариантов всех потенциальных действий по принятию решений.

Обратимся к разработке такой модели, которую будем называть общей моделью выполнения действий по принятию решений.

Введём обозначения:

$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$  — множество всех вариантов потенциальных действий элементов ЭСПР СН по принятию решений;

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  — множество входных и выходных информационных массивов для вариантов действий  $Y$ ;

$E_I \subseteq X \times Y$  — множество бинарных отношений вида  $(x_i, y_j) \in X \times Y$  — между входными информационными массивами вариантов действий и этими вариантами;

$E_O \subseteq Y \times X$  — множество бинарных отношений вида  $(y_j, x_k) \in Y \times X$  — между вариантами действий и их выходными информационными массивами.

Таким образом, формально общая модель выполнения действий по принятию решений представляет собой двудольный ориентированный граф

$$G = (X \cup Y, E_I \cup E_O).$$

Очевидно, что граф  $G$  является ациклическим, так как иначе нашлись бы варианты действий, которые предшествовали бы сами себе. Будем также предполагать, что для всех вариантов одного и того же действия множество выходных массивов одинаково.

Полученная модель является достаточно громоздкой, т. к. содержит большое количество избыточной информации, которая не будет востребована при решении конкретной задачи принятия решения. В связи с этим возникает необходимость адаптации модели к условиям решения задачи.

**Адаптация модели к исходной информации.** Как указано выше, в СУ СН на каждом цикле управления может быть известен различный набор исходных данных. В связи с этим актуальной является задача адаптации разработанной выше модели к известной на момент начала выполнения действий по принятию решения информации так, чтобы исключить из рассмотрения варианты действий или действия, выполнение которых является нецелесообразным или невозможным. Кроме того, необходимо обеспечить безызбыточность вариантов действий так, чтобы для каждого действия сохранялся только один вариант, что упрощает задачу определения варианта принятия решения.

Обозначим  $X_0 \subseteq X$  множество информационных массивов, содержащих известные данные (постоянные или не потерявшие оперативной ценности к моменту начала выполнения действий по принятию решений).

Решение задачи будем осуществлять в три этапа.

*1 этап — исключение действий, которые нецелесообразно использовать для принятия решения.*

Естественно, что все варианты действий, которые потенциально могли бы быть использованы для получения таких данных в случае их отсутствия, использовать для принятия решений не имеет смысла. Поэтому они должны быть исключены из модели.

Обозначим:

$Y^- = \{y_j \in Y : (y_j, x_k) \in E_O \wedge x_k \in X_0\}$  — множество всех предназначенных для исключения из модели вариантов действий;

$E_O^- = \{(y_j, x_k) \in E_O : x_k \in X_0\}$  — множество всех предназначенных для исключения из модели бинарных связей множества  $E_O$ ;

$E_I^- = \{(x_i, y_j) \in E_I : y_j \in Y^-\}$  — множество всех предназначенных для исключения из модели бинарных связей множества  $E_I$ ;

$$Y' = Y \setminus Y^-; E_I' = E_I \setminus E_I^-; E_O' = E_O \setminus E_O^-.$$

В таком случае после исключения действий, которые были предназначены для нахождения значений информационных массивов множества  $X_0$  в случае их отсутствия, модель приобретает вид

$$G' = (X' \cup Y', E_I' \cup E_O').$$

Заметим, что в графе  $G'$  для информационных массивов множества  $X_0$  выполняется  $\forall x_i \in X_0 \deg^+ x_i = 0$ , т. е. значения ни одного из этих массивов не могут быть получены заново.

2 этап — исключение вариантов действий, которые потенциально не могут быть использованы для принятия решения.

Отсутствием потенциальной невозможности выполнения варианта действия является невозможность получения значений какого-либо его входного массива: массив отсутствует во множестве  $X_0$  и невозможно его получить с помощью других действий из массивов этого множества.

Для решения данной задачи преобразуем граф  $G'$  в сеть Петри [14]  $S'=(X', Y', I', O')$ , где:

$X'$  — множество позиций сети;

$Y'$  — множество переходов;

$I'$  — расширенная функция входов;

$O'$  — расширенная функция выходов.

Множества позиций и переходов совпадают с соответствующими множествами вершин графа  $G'$ , а функции  $I$  и  $O$  определяются следующим образом:

$$\forall x_i \in X' \quad I'(x_i) = \{y_j : (x_i, y_j) \in E'_I\};$$

$$\forall y_j \in Y' \quad I'(y_j) = \{x_k : (y_j, x_k) \in E'_O\} \cup \{x_i : (x_i, y_j) \in E'_I\};$$

$$\forall y_j \in Y' \quad O'(y_j) = \{x_i : (x_i, y_j) \in E'_I\};$$

$$\forall x_i \in X' \quad O'(x_i) = \{y_j : (y_j, x_k) \in E'_O\} \cup \{y_j : (x_i, y_j) \in E'_I\}.$$

При таком определении функций  $I'$  и  $O'$  каждая дуга вида  $(y_j, x_k) \in E'_O$  — графа  $G'$  преобразуется в одноимённую дугу сети  $S'$ , а каждая дуга вида  $(x_i, y_j) \in E'_I$  — в две дуги сети  $S'$ : одна дуга преобразуется в одноимённую дугу графа, а другая — в инверсную дугу  $(y_j, x_i) \in E'_O$ . Наличие противоположно направленных дуг  $(x_i, y_j)$  и  $(y_j, x_i)$  приводит к тому, что при срабатывании каждого активного перехода  $y_j \in Y'$  во все его входные позиции возвращаются фишки. Данное свойство позволяет исключить возникновение конфликтов в сети.

Динамика в сети  $S'$  задаётся с помощью маркировки:

вариант действия  $y_j \in Y'$  по принятию решения может быть выполнен, если во всех входных позициях соответствующего ему перехода сети  $S'$  имеются фишки;

после выполнения активного перехода фишки поступят:

во все его входные позиции, что не изменит возможности выполнения или невыполнения остальных переходов;

во все выходные позиции, что означает, что соответствующие информационные массивы могут быть получены при использовании соответствующего варианта действия.

Назовём переход учтённым, если он был выполнен. Обозначим  $X''$  множество позиций, содержащих фишки.

В этом случае алгоритм решения задачи исключения вариантов действий, которые не могут быть использованы для принятия решений, будет заключаться в нахождении множества  $Y''$  всех учтённых переходов (т. е. вариантов действий) и иметь следующий вид:

Шаг 1. Задать начальную маркировку  $X'' = X_0$ , т. е. поместить фишки во все позиции множества  $X_0$ ;  $Y'' = \emptyset$ .

Шаг 2. Если нет неучтённых активных переходов, то перейти к шагу 4.

Шаг 3. Выполнить неучтённый активный переход и включить его во множество  $Y''$ . Переход к шагу 2.

Шаг 4.  $Y''$  — искомое множество вариантов действий.

Корректность алгоритма определяется приведёнными выше свойствами сети Петри  $S$ .

3 этап — исключение избыточных вариантов действий.

Каждый вариант принятия решения предполагает выполнение единственного варианта какого-либо действия. Как указано выше, предполагается, что для каждого альтернативного варианта действия по принятию решения определено значение приоритета. На предыдущих этапах некоторые варианты действий могли оказаться в числе исключённых, но возможно множество  $Y''$  ещё содержит альтернативные варианты некоторых действий. Опишем метод исключения избыточных вариантов действий.

Определим граф  $G'' = (X'' \cup Y'', E_I'' \cup E_O'')$ , где

$$E_I'' = \{(x_i, y_j) \in E_I' : x_i \in X'', y_j \in Y''\};$$

$$E_O'' = \{(y_j, x_k) \in E_O' : y_j \in Y'', x_k \in X''\}.$$

Будем считать, что множество  $Y''$  включает  $s$  действий, содержащих соответственно  $l_1, l_2, \dots, l_s$  вариантов ( $\sum_{j=1}^s l_j = |Y''|$ ), которые упорядочены по убыванию их приоритетов:

$$Y'' = \left\{ \begin{array}{l} y_{11}, \dots, y_{1l_1}, \\ y_{21}, \dots, y_{2l_2}, \\ \dots \\ y_{s1}, \dots, y_{sl_s} \end{array} \right\}.$$

Определим следующие множества:

$$X''' = X'';$$

$$Y''' = \{y_{11}, y_{21}, \dots, y_{s1}\};$$

$$E_I''' = \{(x_i, y_{11}) \in E_I'', (x_i, y_{21}) \in E_I'', \dots, (x_i, y_{s1}) \in E_I''\};$$

$$E_O''' = \{(y_{11}, x_k) \in E_O'', (y_{21}, x_k) \in E_O'', \dots, (y_{s1}, x_k) \in E_O''\}.$$

В таком случае граф  $G''' = (X''' \cup Y''', E_I''' \cup E_O''')$  является искомой моделью выполнения действий по принятию решений, адаптированной к исходной информации  $X_0$  и не содержащей избыточных вариантов действий.

**Выбор вариантов действий для принятия решений.** Каждая задача выбора вариантов действий заключается в нахождении целевого множества информационных массивов  $X^0 \subseteq X$  по совокупности известных данных, заключённых во множество информационных массивов  $X_0 \subseteq X$ . Обозначим указанную задачу  $X_0 \Rightarrow X^0$ .

Если  $X^0 \subseteq X''$ , т. е. финальная маркировка сети Петри  $S'$  содержит все информационные массивы, составляющие содержание задачи принятия решений, то задача  $X_0 \Rightarrow X^0$  потенциально выполнима, иначе — потенциально невыполнима и для её решения предварительно следует дополнить множество известных данных.

Обратимся к определению состава вариантов действий для решения задачи. Для этого вновь воспользуемся аппаратом сетей Петри [14].

Произведём аналогичное выше использованному преобразование графа  $G'''$  в инверсную сеть Петри  $S''' = (X''', Y''', I''', O''')$ , так, что множества позиций  $X'''$  и переходов  $Y'''$  совпадают с соответствующими множествами вершин графа  $G'''$ , а расширенная функция входов  $I'''$  и расширенная функция выходов  $O'''$  определяются следующим образом:

$$\begin{aligned}\forall x_k \in X''' \quad I'''(x_k) &= \{y_j : (y_j, x_k) \in E_O'''\}; \\ \forall y_j \in Y''' \quad I'''(y_j) &= \{x_k : (y_j, x_k) \in E_O'''\} \cup \{x_i : (x_i, y_j) \in E_I'''\}; \\ \forall y_j \in Y''' \quad O'''(y_j) &= \{x_k : (y_j, x_k) \in E_O'''\}; \\ \forall x_i \in X''' \quad O'''(x_i) &= \{y_j : (y_j, x_k) \in E_O'''\} \cup \{y_j : (x_i, y_j) \in E_I'''\}.\end{aligned}$$

При таком определении функций  $I'''$  и  $O'''$  каждая дуга вида  $(x_i, y_j) \in E_I'''$  — графа  $G'''$  преобразуется в инверсную дугу  $(y_j, x_i) \in E_O'''$  сети  $S'''$ , а каждая дуга вида  $(y_j, x_k) \in E_I'''$  — в две дуги сети  $S'''$ : одна дуга преобразуется в одноимённую дугу графа  $G'''$ , а другая — инверсную ей дугу  $(x_k, y_j) \in E_I'''$ . Наличие противоположно направленных дуг  $(y_j, x_k)$  и  $(x_k, y_j)$ , как и ранее, позволяет исключить возникновение конфликтов в сети  $S'''$ .

При первоначальной маркировке всех позиций множества  $X^0$  в соответствии с правилом построения сети  $S'''$  каждый переход активен или может стать активным в том и только том случае, если соответствующий ему вариант действия может быть использован в процессе принятия решения, а, учитывая достигнутую на третьем этапе адаптации модели безальтернативность вариантов действий, и должен быть использован.

Алгоритм решения задачи  $X_0 \Rightarrow X^0$  нахождения вариантов действий для принятия решений будет заключаться в нахождении множества  $\tilde{Y}$  всех учтённых переходов (т. е. вариантов действий) и иметь следующий вид.

Шаг 1. Задать начальную маркировку  $\tilde{X} = X^0$ , т. е. поместить фишки во все позиции множества  $X^0$ ;  $\tilde{Y} = \emptyset$ .

Шаг 2. Если нет неучтённых активных переходов, то перейти к шагу 4.

Шаг 3. Выполнить неучтённый активный переход и включить его во множество  $\tilde{Y}$ . Переход к шагу 2.

Шаг 4.  $\tilde{Y}$  — искомое множество вариантов действий.

Корректность алгоритма определяется описанным выше свойством сети Петри  $S'''$ .

**Заключение.** Применение разработанного подхода для выбора вариантов действий по принятию управленческих решений может быть использовано не только в случае жёстких ограничений на длительность принятия решений, но и в общем случае, что потребует разработки дополнительных моделей и численных методов оценки точности выполнения альтернативных вариантов действий по заданным наборам актуальных исходных данных и выбора оптимального в этих условиях варианта. Для этого могут быть использованы подходы, разработанные в [15, 16].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ямалов И. У. Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций. — М. : Лаборатория базовых знаний, 2012. — 288 с.

2. Меньших А. В. Модели и алгоритмы выбора мер пожарной безопасности на основе исследования массивов пожарной статистики : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.18 / Меньших Анастасия Валерьевна ; науч. рук. С. Н. Тростянский ; Воронежский институт МВД России. — Воронеж, 2015. — 159 с.
3. Меньших Т. В. Модели и алгоритмы выбора решений в системах управления специального назначения в условиях деструктивных воздействий : дис. ... канд. техн. наук : 1.2.2 / Меньших Татьяна Валерьевна ; науч. рук. В. И. Новосельцев ; Воронежский институт ФСИН России. — Воронеж, 2022. — 148 с.
4. Меньших В. В. Математическое моделирование действий органов внутренних дел в чрезвычайных обстоятельствах : монография / В. В. Меньших, А. Ф. Самороковский, В. В. Горлов [и др.]. — Воронеж : Воронежский институт МВД России, 2016. — 187 с.
5. Меньших Т. В. Анализ особенностей процессов принятия решений в системах управления специального назначения при возникновении чрезвычайных обстоятельств // Общественная безопасность, законность и правопорядок в III тысячелетии. — 2019. — № 5-2. — С. 164—166.
6. Меньших Т. В. Модели функционирования эргатической системы принятия решений специального назначения // Вестник Воронежского института МВД России. — 2020. — № 3. — С. 107—118.
7. Меньших Т. В. Оценка параметров игр с иерархическим вектором интересов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Математическое моделирование и программирование». — 2018. — Т. 1. — № 3. — С. 118—122.
8. Меньших Т. В., Новосельцев В. И. Исследование свойств сообществ игроков и функций выигрыша в играх с противоположными интересами // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. — 2018. — Т. 6. — № 4. — С. 357—367.
9. Меньших А. В., Горлов В. В. Модель и численный метод оптимизации выбора действий органов внутренних дел при возникновении чрезвычайных обстоятельств криминального характера // Вестник Воронежского института МВД России. — 2016. — № 2. — С. 213—221.
10. Меньших А. В., Тростянский С. Н. Модель и численный метод оптимизации выбора мер безопасности // Вестник Воронежского института МВД России. — 2013. — № 4. — С. 208—214.
11. Меньших Т. В., Папонов А. В., Меньших А. В. Изучение влияния временного фактора на эффективность принятия решений в системах специального назначения // Вестник Воронежского института ФСИН России. — 2021. — № 2. — С. 62—67.
12. Меньших Т. В., Папонов А. В., Меньших А. В. Сравнительный анализ влияния временного фактора на эффективность принятия решений при возникновении чрезвычайных обстоятельств на объектах уголовно-исполнительной системы // Вестник Воронежского института ФСИН России. — 2021. — № 4. — С. 104—109.
13. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети. — М. : Издательство ЛКИ, 2008. — 360 с.
14. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем : пер. с англ. — М. : Мир, 1984. — 264 с.
15. Меньших Т. В., Новосельцев В. И. Модель и численный метод оценки погрешности вычислений в эргатических информационных системах на основе использования методов нечеткой математики // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. — 2019. — № 5. — С. 47—55.
16. Меньших Т. В. Оценки устойчивости равновесий по Дж. Нэшу в играх с противоположными интересами при частичной неопределенности информации // Актуальные проблемы деятельности подразделений УИС : сборник материалов всероссийской научно-практической конференции. — Воронеж, 2021. — С. 220—222.

## REFERENCES

1. YAmalov I. U. Modelirovanie processov upravleniya i prinyatiya reshenij v usloviyah chrezvychajnyh situacii. — М. : Laboratoriya bazovyh znaniy, 2012. — 288 s.

2. Men'shih A. V. Modeli i algoritmy vybora mer pozharnoj bezopasnosti na osnove issledovaniya massivov pozharnoj statistiki : dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.13.18 / Men'shih Anastasiya Valer'evna ; nauch. ruk. S. N. Trostyanskij ; Voronezhskij institut MVD Rossii. — Voronezh, 2015. — 159 s.
3. Men'shih T. V. Modeli i algoritmy vybora reshenij v sistemah upravleniya special'nogo naznacheniya v usloviyah destruktivnyh vozdeystvij : dis. ... kand. tekhn. nauk : 1.2.2 / Men'shih Tat'yana Valer'evna ; nauch. ruk. V. I. Novosel'cev ; Voronezhskij institut FSIN Rossii. — Voronezh, 2022. — 148 s.
4. Men'shih V. V. Matematicheskoe modelirovanie dejstvij organov vnutrennih del v chrezvychajnyh obstoyatel'stvah : monografiya / V. V. Men'shih, A. F. Samorokovskij, V. V. Gorlov [i dr.]. — Voronezh : Voronezhskij institut MVD Rossii, 2016. — 187 s.
5. Men'shih T. V. Analiz osobennostej processov prinyatiya reshenij v sistemah upravleniya special'nogo naznacheniya pri vzniknovenii chrezvychajnyh obstoyatel'stv // Obshchestvennaya bezopasnost', zakonnost' i pravoporyadok v III tysyacheletii. — 2019. — № 5-2. — S. 164—166.
6. Men'shih T. V. Modeli funkcionirovaniya ergaticheskoy sistemy prinyatiya reshenij special'nogo naznacheniya // Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii. — 2020. — № 3. — S. 107—118.
7. Men'shih T. V. Ocenka parametrov igr s ierarhicheskim vektorom interesov // Vestnik YUzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Matematicheskoe modelirovanie i programmirovaniye». — 2018. — T. 1. — № 3. — S. 118—122.
8. Men'shih T. V., Novosel'cev V. I. Issledovanie svojstv soobshchestv igrokov i funkcij vyigrysha v igrakh s neprotivopolozhnymi interesami // Modelirovanie, optimizaciya i informacionnye tekhnologii. — 2018. — T. 6. — № 4. — S. 357—367.
9. Men'shih A. V., Gorlov V. V. Model' i chislennyj metod optimizacii vybora dejstvij organov vnutrennih del pri vzniknovenii chrezvychajnyh obstoyatel'stv kriminal'nogo haraktera // Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii. — 2016. — № 2. — S. 213—221.
10. Men'shih A. V., Trostyanskij S. N. Model' i chislennyj metod optimizacii vybora mer bezopasnosti // Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii. — 2013. — № 4. — S. 208—214.
11. Men'shih T. V., Paponov A. V., Men'shih A. V. Izuchenie vliyaniya vremennogo faktora na effektivnost' prinyatiya reshenij v sistemah special'nogo naznacheniya // Vestnik Voronezhskogo instituta FSIN Rossii. — 2021. — № 2. — S. 62—67.
12. Men'shih T. V., Paponov A. V., Men'shih A. V. Sravnitel'nyj analiz vliyaniya vremennogo faktora na effektivnost' prinyatiya reshenij pri vzniknovenii chrezvychajnyh obstoyatel'stv na ob'ektah ugolovno-ispolnitel'noj sistemy // Vestnik Voronezhskogo instituta FSIN Rossii. — 2021. — № 4. — S. 104—109.
13. Saati T. L. Prinyatie reshenij pri zavisimostyah i obratnyh svyazyah. Analiticheskie seti. — M. : Izdatel'stvo LKI, 2008. — 360 s.
14. Piterson Dzh. Teoriya setej Petri i modelirovanie sistem : per. s angl. — M. : Mir, 1984. — 264 s.
15. Men'shih T. V., Novosel'cev V. I. Model' i chislennyj metod ocenki pogreshnosti vychislenij v ergaticheskikh informacionnyh sistemah na osnove ispol'zovaniya metodov nechetkoj matematiki // Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika. — 2019. — № 5. — S. 47—55.
16. Men'shih T. V. Ocenki ustojchivosti ravnovesij po Dzh. Neshu v igrakh s neprotivopolozhnymi interesami pri chastichnoj neopredelennosti informacii // Aktual'nye problemy deyatel'nosti podrazdelenij UIS : sbornik materialov vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. — Voronezh, 2021. — S. 220—222.