

А. Ф. Самороковский,
кандидат технических наук, доцент

В. В. Горлов,
кандидат технических наук

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ДЕЙСТВИЙ ОВД ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ ОБСТОЯТЕЛЬСТВ

OF USING THE INFORMATION SYSTEM TO DETERMINE THE BEST OPTIONS FOR THE ACTIONS OF THE INTERNAL AFFAIRS BODIES IN THE EVENT OF EMERGENCY

Рассмотрено использование информационной системы для определения оптимальных вариантов действий органов внутренних дел при возникновении чрезвычайных обстоятельств.

The possibilities of using the information system to determine the best options for the actions of the internal Affairs bodies in the event of emergency.

Введение. В настоящее время подготовлены предложения по созданию информационной системы обеспечения действий ОВД при возникновении чрезвычайных обстоятельств. Данная система позволит не только проводить исследования решаемых задач и находить оптимальные варианты их решения, но и позволит повысить уровень профессиональной подготовки сотрудников органов управления и подразделений ОВД при ее использовании в процессе обучения, командно-штабных игр и учений.

Разработанные модели и алгоритмы этой системы реализованы на основе использования возможностей сетей Петри, которые предназначены для описания систем, состоящих из множества взаимодействующих подсистем, работающих как последовательно, так и параллельно. При этом учитывается, что каждая подсистема состоит из подсистем нижележащего уровня. Сети Петри допускают независимое описание поведения подсистем, однако в этом случае требуется объективная информация о взаимодействии между подсистемами одного уровня. С помощью них удастся не только имитировать функционирование систем, но и отображать информационные процессы, например управление системой [1, 2]. К данным системам следует отнести систему ОВД.

Сеть Петри является наилучшим инструментом для построения математической модели действий ОВД при возникновении чрезвычайных обстоятельств.

Использование программных средств для создания моделей действий ОВД при возникновении чрезвычайных обстоятельств. Для создания моделей действий ОВД при возникновении чрезвычайных обстоятельств было разработано программное средство «Разработка моделей систем в виде сетей Петри», интерфейс главного окна которого показан на рис. 1 [3, 4].

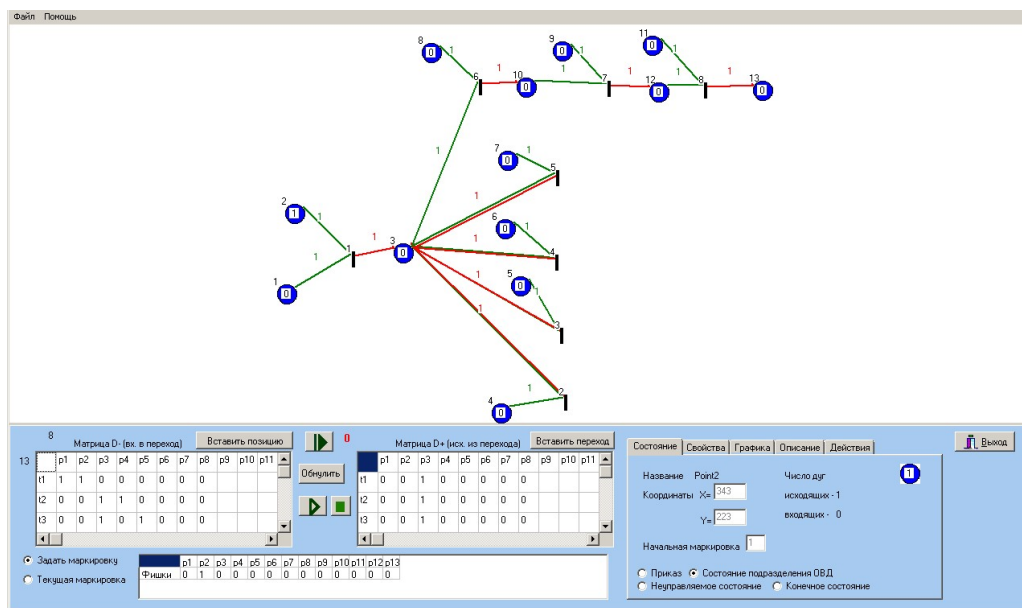


Рис. 1. Интерфейс главного окна программы «Разработка моделей систем в виде сетей Петри»

Структура сети Петри определяется ее позициями, переходами, входной и выходной функциями. Для создания модели в главном окне требуется вставить позиции и переходы. Для этого используются соответственно кнопки «Вставить позицию» и «Вставить переход».

Для отображения структуры модели используются матрицы D^- и D^+ , при этом D^- отображает дуги, входящие в переход из позиций, D^+ отображает дуги, исходящие из перехода в позиции.

Таблица под матрицами отображает текущую маркировку и позволяет ее изменять. Число фишек в позиции отображается и внутри каждой позиции. Для описания свойств модели используются вкладки в правой нижней части окна. На вкладке «Состояние» отображаются название выбранной позиции или перехода, текущие координаты X и Y , число входящих и исходящих дуг. Для позиций также отображаются и могут быть заданы: начальная маркировка, принадлежность к одному из множеств S , C или D , указание на то, что данная позиция является конечной, т.е. соответствует решению рассматриваемой задачи.

На вкладке «Свойства»:

- для перехода задаются/отображаются время перехода и приоритет срабатывания p_r . Градации приоритетов задаются в файле `\lib\Pr.dat`;

- для позиции указываются значения показателей, по которым оценивается выбранное действие. Виды показателей задаются в файле `\lib\P.dat`, а значения показателей — в файле `\lib\O.dat`.

На вкладке «Графика» имеется возможность прикрепить к какой-либо позиции графический объект (рисунок, картину и т.п.).

На вкладке «Описание» дается текстовое описание позиции. На вкладке «Действия» задаются действия, которые пользователю могут предлагаться при достижении данной маркировки. Максимальное число действий для одной позиции равно шести. Весь список действий берется из файла `lib\D.dat`. При этом напротив действия указывается позиция, в которую должна быть помещена фишка (метка) при выборе пользователем данного действия. Кнопки с плюсом и минусом соответственно добавляют или удаляют действия.

После создания модели можно проследить работу сети. Для этого применяются кнопки запуска сети. Верхняя кнопка запускает сеть на один шаг, т.е. срабатывают все активные переходы. Маркировка сети при этом меняется. Счетчик времени изменяется на пять. Кнопка «Обнулить» обнуляет показателя счетчика. Нижние кнопки запускают/останавливают сеть. Меню главного окна позволяет создать новый граф (горячая клавиша F1), сохранить модель (F2) и загрузить ранее созданную модель (F3). При сохранении модели в выбранном каталоге создаются файлы с расширением *.*mpr*, в которых сохраняются структура сети и свойства модели. Для работы с созданными моделями используется программная реализация информационной системы.

После выбора модели, с которой предстоит работать, структура модели отображается на вкладке «Сеть Петри» (рис. 2).

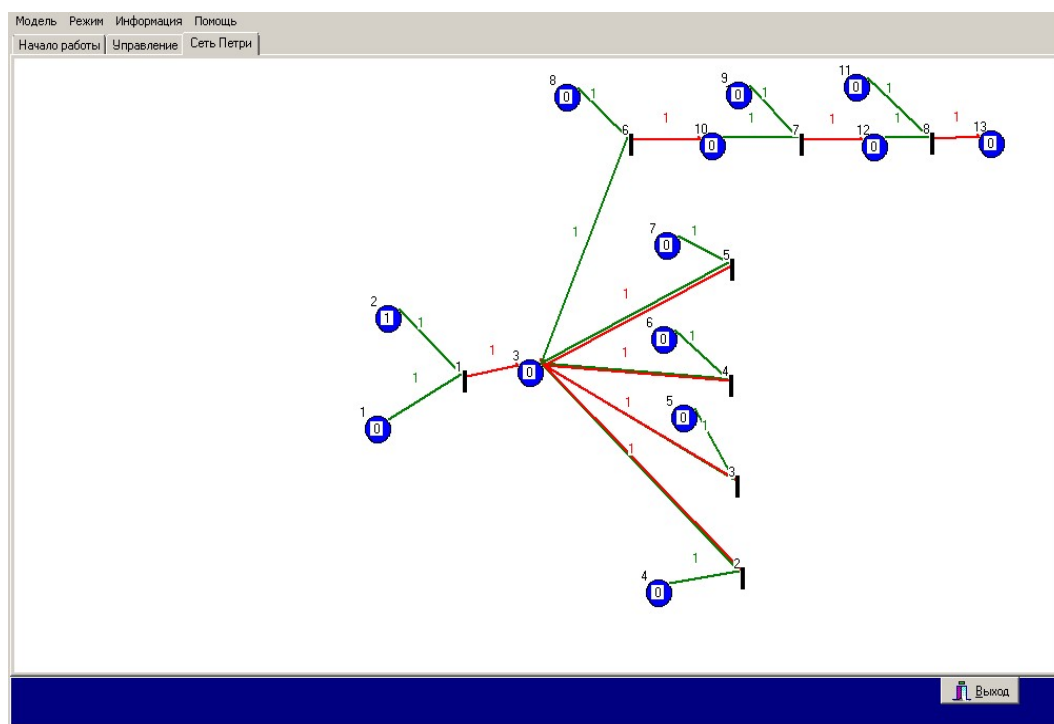


Рис. 2. Окно отображения исследуемой модели

Далее в главном окне программы требуется определить входные параметры. В зависимости от выбранного режима возможен переход сразу к вкладке «Управление» для выбора действий ОВД — режим обучения и тестирования (рис. 3) или к вкладке «Изменение маркировки» — режим исследования (рис. 4).

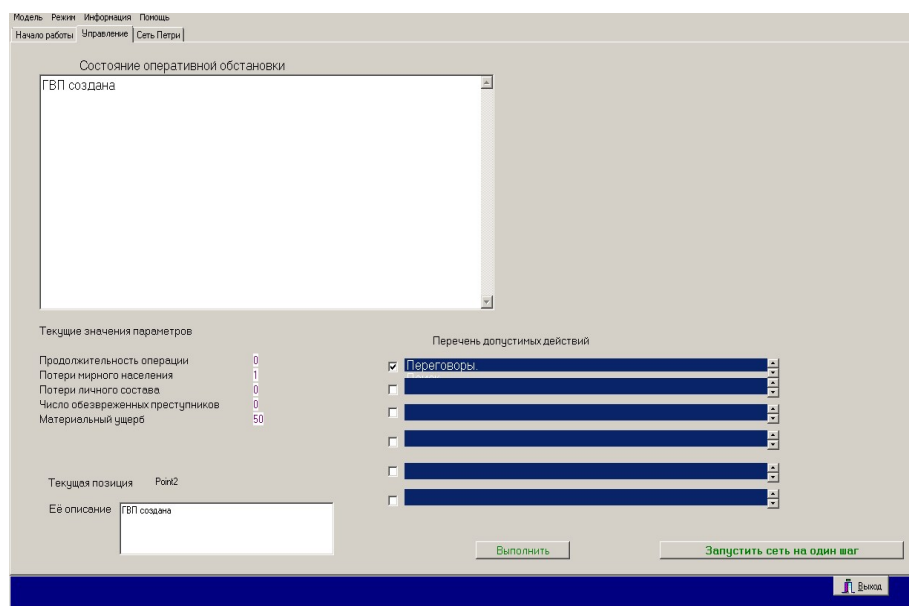


Рис. 3. Окно управления информационной системы

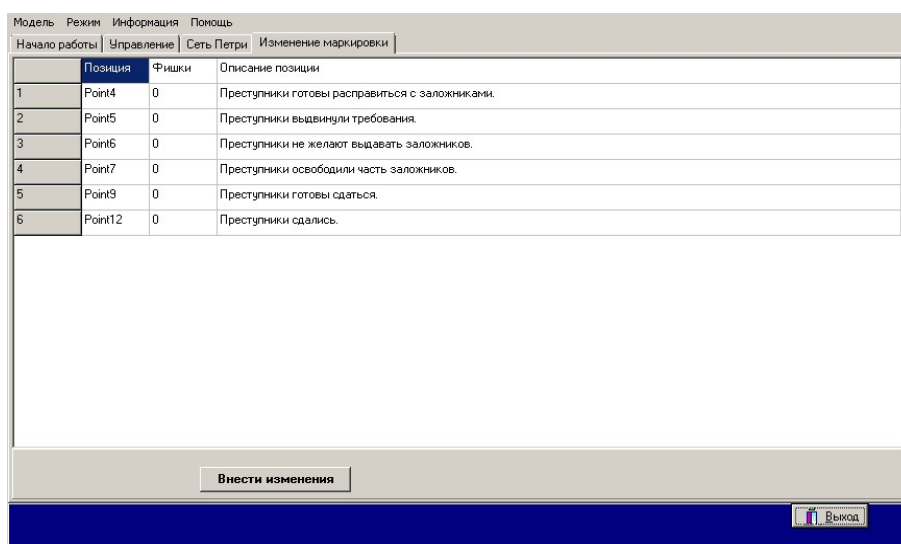


Рис. 4. Окно установки маркировки позиций *с_{pi}* в режиме исследования

Меню «Модель» позволяет прикрепить к программе новую исследуемую модель. Меню «Режим» позволяет выбрать один из трех режимов, в котором предполагается работа с моделью и программой. Меню «Информация» позволяет вывести на экран описание исследуемой модели или вызвать внешний обозреватель, выполняющий роль блока дополнительной информации.

В меню «Помощь» имеется возможность вызвать справочную информацию о работе с программой. Вся информация о разработанных парето-оптимальных вариантах выводится в текстовый файл *resultPO.txt*. Значения коэффициентов a_i функции полезности для каждой из стратегий хранятся в файле *fp.mpr*.

Практическая реализация разработанного программного продукта. Данное программное обеспечение было разработано для исследования действий ОВД при решении различных задач в условиях возникновения чрезвычайных обстоятельств [5, 6]. Рас-

смотрим более подробно решение задачи по освобождению заложников подразделениями ОВД. В качестве модели была принята модель действий оперативного штаба. Приведем фрагмент таблиц со значениями функций $f_N(Z, K_T)$ и $f_M(Z, K_T)$, где:

$f_N(Z, K_T)$ — функция влияния выбранного вида действия K_T в условиях решения определенной задачи Z при возникновении чрезвычайных обстоятельств на потери среди мирного населения;

$f_M(Z, K_T)$ — функция влияния выбранного вида действия K_T в условиях решения определенной задачи Z при возникновении чрезвычайных обстоятельств на величину материального ущерба (таблица 1).

Исследованию подвергались три стратегии преступников, наиболее часто встречающиеся на практике [7]:

Стратегия Str_1 : преступники после переговоров добровольно освобождают заложников и сдаются сами.

Стратегия Str_2 : преступники идут на переговоры, но выдвигают требования. Требования выполняются. Заложников освобождают по частям, но преступники сдаваться отказываются, пытаются уйти от преследования.

Стратегия Str_3 : преступники идут на переговоры, но выдвигают невыполнимые требования. После длительных переговоров преступники расправляются с заложниками, сами при этом пытаются уйти от преследования.

Таблица 1

Фрагмент таблиц $f_N(Z, K_T)$ и $f_M(Z, K_T)$ для задачи Z_3 по освобождению заложников

K_T	K_{T1}	K_{T2}	K_{T3}	K_{T4}	K_{T5}	K_{T6}	K_{T7}	K_{T8}	K_{T9}
$f_N(Z_3, K_T)$	0.2	0	0.7	0.2	0	0	0.7	0.5	0.3
$f_M(Z_3, K_T)$	0.3	0.1	0.2	0.3	0	0	0.2	0.05	0

K_T	K_{T10}	K_{T11}	K_{T12}	K_{T13}	K_{T14}	K_{T15}	K_{T16}	K_{T17}	K_{T18}
$f_N(Z_3, K_T)$	0	0.2	0	0	0.1	0.8	0	0.1	0.2
$f_M(Z_3, K_T)$	0	0.3	0	0	0.3	0.1	0	0.02	0.1

K_T	K_{T19}	K_{T20}	K_{T21}	K_{T22}	K_{T23}	K_{T24}	K_{T25}	K_{T26}
$f_N(Z_3, K_T)$	0	0.4	0	0.1	0.3	0	0.01	0.01
$f_M(Z_3, K_T)$	0	0.2	0	0.2	0.1	0	0.2	0.2

Начальные условия были заданы следующие:

1. Численность привлекаемых сил ОВД — 24 человека (при расчете потерь, т.к. к захвату привлекаются не все сотрудники, а только часть наиболее подготовленных, то $M_1=22$ боевых единицы (б.е.)).

2. Численность преступников — 5 человек (или 8 боевых единиц $M_2=8$ б.е.).

3. Максимально возможный материальный ущерб $M^\wedge = 30000000$ рублей.

4. Минимально возможный материальный ущерб $M^\vee = 5000$ рублей.

5. Число заложников $N^\wedge = 12$ человек.

6. Эффективные скорострельности $\Lambda_1=\Lambda_2=0,001$; $\Lambda_3=0,01$.

7. Численность группы прикрытия $m_3=2$ б.е.

8. Время после применения специальных средств, в течение которого преступники не оказывают сопротивление $\tau=1$.

9. Время $t_{\text{ш}}=5$ условных единиц времени (у.е.в.).

10. Поскольку уравнения Ланчестера позволяют оценить время t_6 боевого столкновения преступников и сотрудников ОВД до полного обезвреживания преступников, то для расчета потерь личного состава и числа обезвреженных преступников будем брать

расчетное время $t = t_6/2$.

Для получения парето-оптимального варианта Ω_{Π} необходимо указать последовательность пошаговой смены маркировки позиций cp_i . Запись стратегий представлена в табл. 2.

Таблица 2

Записи стратегий преступников								
Шаг	1	180	360	540	720	900	1080	1260
Str_1			cp_{14}	cp_2, cp_3	cp_4			
Str_2	cp_7		cp_6	cp_5	cp_2	cp_{10}	cp_{24}	
Str_3	cp_7	cp_1	cp_6	cp_7, cp_{11}	cp_{17}, cp_{16}	cp_8	cp_{10}	cp_{25}, cp_{26}

Из получившихся для каждой стратегии множеств Ω_{Π} случайным образом выберем по 6 вариантов, которые занесем в таблицы аналогично таблице 2, указав, какие директивы принимаются соответствующими позициями dp_i . Для каждого варианта укажем значения показателей эффективности с округлением до целых чисел.

Опрос 12 экспертов позволил получить следующие ранжирования вариантов:

- для стратегии Str_1 : $v_1 > v_4 > v_3 > v_6 > v_5 \sim v_2$;
- для стратегии Str_2 : $v_1 > v_2 > v_6 > v_3 > v_4 \sim v_5$;
- для стратегии Str_3 : $v_2 > v_3 > v_4 > v_6 > v_1 > v_5$.

Рассчитанные коэффициенты конкордации согласованности мнений экспертов $W_1=0,72$, $W_2=0,78$, $W_3=0,70$ превысили нижний порог $W_{кр}=0,68$, что говорит о возможности применения экспертных оценок.

На основе полученных ранжирований были составлены уравнения для определения коэффициентов функций полезности. При этом в качестве координат вектора O были приняты следующие параметры:

- $o_1 - T$ — время операции,
- $o_2 - L$ — потери личного состава,
- $o_3 - R$ — число обезвреженных преступников,
- $o_4 - N$ — потери мирного населения,
- $o_5 - M$ — материальный ущерб.

Применение метода наименьших квадратов дало следующий вид функций полезности для стратегии:

$$Str_1 : f_1(O) = -8,375 \cdot 10^{-3} \cdot o_1 + 0,889 \cdot o_4 + 6,329 \cdot 10^{-5} \cdot o_5;$$

$$Str_2 : f_2(O) = 0,098 \cdot o_1 + 6,213 \cdot o_2 - 3,441 \cdot o_3 + 0,733 \cdot o_4 + 1,381 \cdot 10^{-4} \cdot o_5;$$

$$Str_3 : f_3(O) = 0,08 \cdot o_1 + 5,434 \cdot o_2 - 4,32 \cdot o_3 - 3,85 \cdot o_4 + 1,353 \cdot 10^{-3} \cdot o_5.$$

Применение полученных значений коэффициентов функции полезности позволило выбрать лучшие варианты для стратегий Str_1 , Str_2 , Str_3 и построить платежную матрицу (табл. 3):

Таблица 3

Платежная матрица				
$f(O_i)$		Стратегии		
		Str_1	Str_2	Str_3
Лучшие варианты действий	$v^*(Str_1)$	2,47	9,44	23,36
	$v^*(Str_2)$	2,26	1,22	1,89
	$v^*(Str_3)$	3,47	5,77	1,15

Далее варианты были ранжированы по столбцам, и матрица приобрела следующий вид (табл. 4):

Таблица 4

Платежная матрица после ранжирования

r_{ij}		Стратегии			max
		Str_1	Str_2	Str_3	
Лучшие варианты действий	$v^*(Str_1)$	2	3	3	3
	$v^*(Str_2)$	1	1	2	2
	$v^*(Str_3)$	3	2	1	3
min		1	1	1	

Верхняя цена игры $\alpha = 2$. Нижняя цена игры $\beta = 1$.

Поскольку $\alpha \neq \beta$, то требуется найти смешанный вариант действий. Прежде чем перейти к итерационной процедуре, заметим, что вариант действий $v^*(Str_1)$ при любой стратегии преступников имеет наибольший ранг, значит, он не будет выбран и его можно исключить (табл. 5).

Таблица 5

Платежная матрица после исключения $v^*(Str_1)$

r_{ij}		Стратегии			max
		Str_1	Str_2	Str_3	
Лучшие варианты действий	$v^*(Str_2)$	1	1	2	2
	$v^*(Str_3)$	2	2	1	2
min		1	1	1	

Кроме того, стратегии преступников Str_1 и Str_2 имеют равные ранги для вариантов действий ОВД, поэтому с точки зрения ОВД безразлично, какую стратегию выберут преступники, тем не менее оставим обе стратегии в платежной матрице.

Приведем первые 20 шагов применения метода итерации к определению смешанной стратегии (табл. 6).

Таблица 6

N	i	$v^*(Str_2)$	$v^*(Str_3)$	j	Str_1	Str_2	Str_3
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	1	1	2	2	1	1	2
2.	3	2 (3)	1 (3)	2	1 (2)	1 (2)	2 (4)
3.	3	2 (5)	1 (4)	3	2 (4)	2 (4)	1 (5)
4.	3	2 (7)	1 (5)	3	2 (6)	2 (6)	1 (6)
5.	1	1 (8)	2 (7)	3	2 (8)	2 (8)	1 (7)
6.	1	1 (9)	2 (9)	2	1 (9)	1 (9)	2 (9)
7.	1	1 (10)	2 (11)	2	1 (10)	1 (10)	2 (11)
8.	3	2 (12)	1 (12)	2	1 (11)	1 (11)	2 (13)
9.	3	2 (14)	1 (13)	3	2 (13)	2 (13)	1 (14)
10.	3	2 (16)	1 (15)	3	2 (15)	2 (15)	1 (15)
11.	2	1 (17)	2 (17)	2	1 (16)	1 (16)	2 (17)

12.	3	2 (19)	1 (18)	3	2 (18)	2 (18)	1 (18)
13.	2	1 (20)	2 (20)	2	1 (19)	1 (19)	2 (20)
14.	3	2 (22)	1 (21)	3	2 (21)	2 (21)	1 (21)
15.	1	1 (23)	2 (23)	2	1 (22)	1 (22)	2 (23)
16.	3	2 (25)	1 (24)	3	2 (24)	2 (24)	1 (24)
17.	1	1 (26)	2 (26)	2	1 (25)	1 (25)	2 (26)
18.	3	2 (28)	1 (27)	3	2 (27)	2 (27)	1 (27)
19.	2	1 (29)	2 (29)	2	1 (28)	1 (28)	2 (29)
20.	3	2 (31)	1 (30)	3	2 (30)	2 (30)	1 (30)

В первом столбце дан номер итерации N . Во втором столбце — номер выбранной на данном шаге стратегии преступников. В третьем и четвертом столбцах — выигрыш при вариантах $v^*(Str_2)$, $v^*(Str_3)$ (минимальное из этих значений выделено полужирным шрифтом). В пятом столбце — номер j -го варианта действий ОВД, который выгоднее всего (т.е. соответствует выделенному полужирным шрифтом выигрышу). В шестом, седьмом и восьмом столбцах — проигрыш при стратегиях Str_1 , Str_2 , Str_3 , (из этих значений выделено полужирным шрифтом максимальное значение). Этому значению соответствует лучшая стратегия, номер которой помещается в следующей строке. В скобках указывается накопленный выигрыш за N итераций.

Применение метода итераций позволило определить следующий смешанный вариант действий подразделений ОВД:

$$v_{см} = 0,5 \cdot v^*(Str_2) + 0,5 \cdot v^*(Str_3).$$

Данный ответ можно было получить и исходя из вида платежной матрицы (табл. 5), не прибегая к итерационной процедуре.

Заключение. Таким образом, по рассмотренным вариантам действий можно сделать вывод, что при разработке варианта действий ОВД при захвате заложников необходимо руководствоваться наилучшими вариантами $v^*(Str_2)$ и $v^*(Str_3)$, считая, что преступники выберут наихудшую для ОВД стратегию.

Данный вывод согласуется с практикой действий ОВД, что говорит об адекватности разработанной модели и метода моделирования, а использование возможностей информационных систем позволяет определять оптимальные варианты действий подразделений ОВД при возникновении чрезвычайных обстоятельств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котов В. Е. Сети Петри. — М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. — 160 с.
2. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем : перевод с англ. — М. : Мир, 1984. — 264 с.
3. Дарахвелидзе П. Г., Марков Е. П. Программирование в Delphi 7. — СПб. : БХВ-Петербург, 2003. — 784 с.: ил.
4. Фаронов В. В. Delphi 5. Руководство программиста. — М. : Нолидж, 2001. — 880 с. : ил.
5. Математическое моделирование действий органов внутренних дел в чрезвычайных обстоятельствах: монография / В. В. Меньших [и др.]. — Воронеж : Воронежский институт МВД России, 2016. — 187 с.
6. Моделирование действий сотрудников органов внутренних дел : монография / В. В. Меньших [и др.]. — Воронеж : Воронежский институт МВД России, 2017. — 236 с.

7. Селиверстов С. А. Оперативно-боевая деятельность органов внутренних дел : монография / под ред. Ю. М. Антоняна. — М. : ОИД МВД России, 2007. — 416 с.