

О.В. Пьянков,
кандидат технических наук, доцент

М.С. Романов

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СИТУАЦИОННЫХ ЦЕНТРАХ ОРГАНОВ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ

ENHANCING DECISION-MAKING IN THE SITUATIONAL CENTERS OF THE LAW-ENFORCEMENT BODIES

Рассматриваются особенности процессов принятия решений в ситуационных центрах органов внутренних дел. Описываются подходы к выбору и оценке показателей эффективности принимаемых решений. Предлагается построение модели процессов принятия решений в виде сети Петри, разрабатывается алгоритм поиска оптимальных решений.

The article discusses the features of decision-making processes in the situation centers of the law-enforcement bodies. The approaches to the selection and assessment of the effectiveness of decisions are considered. It is proposed to build a model of decision-making in the form of Petri nets, an algorithm for finding optimal solutions is developed.

Введение.

В современных условиях при возникновении чрезвычайных обстоятельств (захват заложников, теракты, массовые беспорядки и т.д.) применяются силы органов внутренних дел для их ликвидации. При этом от эффективности принимаемых решений по управлению имеющимися силами напрямую зависят жизни людей, безопасность общества. Поскольку оперативное реагирование является основой снижения напряженности общественных волнений, особенно при накале страстей, вызванных каким-либо инцидентом, то использование ситуационных центров в деятельности ОВД является необходимым. Современные ситуационные центры (СЦ) представляют собой сложные высокотехнологичные комплексы, включающие в себя развитые системы информационно-аналитической поддержки, средства мультимедийного видеопреобразования информации и средства коллективной работы в режиме реального времени [1].

Основным нормативно-правовым документом, регламентирующим создание и развитие ситуационных центров органов внутренних дел является приказ МВД России №280 от 04.04.2009 г. «Об утверждении Концепции информатизации органов внутренних дел Российской Федерации и внутренних войск МВД России до 2012 года».

В рамках концепции провозглашается создание и развитие СЦ на федеральном, окружном, межрегиональном, региональном и районном уровнях управления для обеспечения комплексной автоматизации управления ОВД, в том числе:

- достижения требуемого уровня устойчивости и эффективности управления в различных условиях обстановки, повышения качества и оперативности принятия управленческих решений;
- образования внутри единого информационного пространства единого пространства принятия решений;
- развертывания мобильных СЦ на транспортных средствах, на временных пунктах управления, в районах проведения специальных или контртеррористических операций, в районах действий при чрезвычайных обстоятельствах и чрезвычайных ситуациях. В угрожаемый период и в военное время СЦ, кроме того, развертываются на запасных (а при возможности в защищенных) пунктах управления;

- осуществления информационно-технологического взаимодействия СЦ системы МВД России с сетью СЦ органов государственной власти на соответствующих уровнях управления.

Для достижения требуемого уровня эффективности управления необходимо заранее определить наиболее вероятный порядок развития чрезвычайных обстоятельств и предполагаемые результаты от действий органов управления ОВД. Вполне очевидно, что предполагаемые результаты будут иметь разные значения для стабилизации обстановки, а кроме того, и сами решения, будут включать в себя разные последовательности действий. Таким образом, возникает задача оптимизации процессов принятия решений органами управления ОВД при возникновении чрезвычайных обстоятельств.

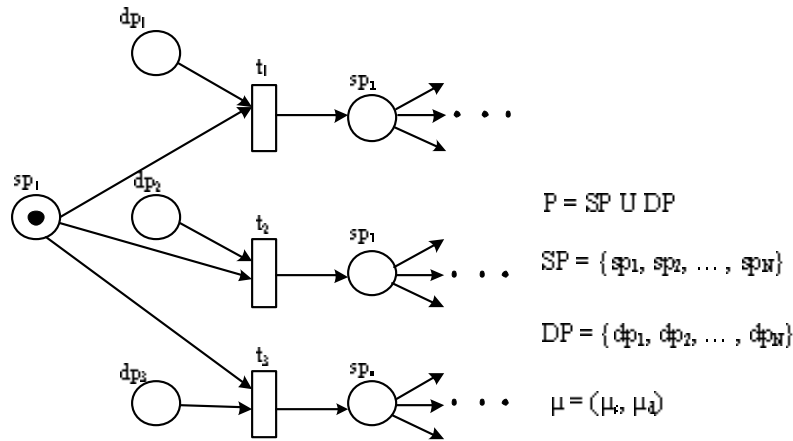
Особенности процессов принятия решений в ситуационных центрах ОВД.

Анализ функционирования ситуационных центров ОВД, действующих на различных уровнях управления, позволяет выделить ряд особенностей процессов принятия решений, учёт которых необходимо осуществлять при оптимизации работы органов управления.

Таковыми особенностями являются:

- а) возможность параллельной работы различных структур, привлекаемых к ликвидации чрезвычайной ситуации или её последствий;
- б) наличие в некоторых случаях активной разумной противоборствующей стороны, сознательно идущей на эскалацию конфликта;
- в) непосредственный контроль руководством ОВД всех этапов принятия решения — от генерации различных вариантов действий с прогнозированием их результатов, их моделирования, принятия решения и контроля за исполнением;
- г) оперативное предоставление достоверной полной информации, в том числе ограниченного доступа, хранящейся в ведомственных информационных системах и системах органов исполнительной власти;
- д) возможность привлечения широкого круга экспертов по различным областям чрезвычайной ситуации в режиме видеоконференцсвязи;
- е) техническая возможность получения аудио- и видеoinформации непосредственно из эпицентра события, её записи и анализа в последующем;
- ж) ограничение времени принятия решения на отдельных этапах развития чрезвычайной ситуации;
- з) возможность использования силовых методов воздействия, использования спецсредств, оружия;
- и) создание и работа СЦ на период существования чрезвычайной ситуации, без необходимости поддержания его постоянного функционирования;
- к) принятие отдельных решений только при наличии условий или обстоятельств определенного характера (например, выдвижение к месту локации чрезвычайной ситуации авто- или железнодорожным транспортом возможно только при наличии соответствующих видов транспорта).

Учёт данных особенностей определяет подходы к моделированию процессов принятия решений. Так, можно считать, что в каждый момент времени все элементы, вовлеченные в чрезвычайную ситуацию, находятся в одном из возможных состояний. Следовательно, в основу разработки моделей процессов принятия решений следует положить модели, учитывающие смену состояний параллельно развивающихся взаимосвязанных процессов. Удобным средством построения описанных моделей являются сети Петри [2, 3, 4].



SP — множество позиций соответствующих состояниям системы;
DP — множество позиций соответствующих принимаемым решениям

Рис. 1. Пример сети Петри

Моделирование процессов принятия решений.

Использование матричного представления сетей Петри для моделирования позволяет разработать алгоритмы принятия наиболее эффективных решений для ликвидации как самих чрезвычайных обстоятельств, так и их последствий [5]. При этом сами алгоритмы могут быть представлены в виде маркированной сети Петри:

$$M = (P, T, I, O, \mu),$$

где $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ — конечное множество позиций;

$T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ — конечное множество переходов;

I — входная функция, отображающая переход t_j в множество позиций $I(t_j)$;

O — выходная функция, отображающая переход t_j в множество позиций $O(t_j)$;

μ (маркировка) — функция, отображающая множество позиций P в множество неотрицательных целых чисел N .

Ход развития чрезвычайных обстоятельств можно разбить на этапы, которые соответствуют позиции p_i , включая позиции, соответствующие состоянию системы sp_i и альтернативным решениям dp_i . Переходы от одного этапа к другому будут образовывать множество T . Принимаемые решения органами управления ОВД определяют входную функцию I , а результат их выполнения и будет выходной функцией O .

Матричная форма определения сети Петри (P, T, D, D^+) позволяет дать определения в терминах векторов и матриц, где

$D[j, i] = \#(p_i, I(t_j))$ — определяет входы в переходы,

$D^+[j, i] = \#(p_i, O(t_j))$ — определяет выходы из переходов.

Пусть $e[j]$ — m -вектор, содержащий нули везде, за исключением j -й компоненты. Переход t_j представляется m -вектором $e[j]$. Переход t_j в маркировке μ разрешен, если $\mu \geq e[j] \cdot D$, а результат запуска перехода t_j в маркировке μ записывается как

$$\delta(\mu, t_j) = \mu + e[j] \cdot D,$$

где $D = D^+ - D^-$ — составная матрица изменений.

Тогда для последовательности запусков переходов $\sigma = t_{j1}t_{j2} \dots t_{jk}$ имеем

$$\delta(\mu, \sigma) = \delta(\mu, t_{j1}, t_{j2}, \dots, t_{jk}) = \mu + (e[j_1] + e[j_2] + \dots + e[j_k]) \cdot D = \mu + f(\sigma) \cdot D.$$

Вектор $f(\sigma) = e[j_1] + e[j_2] + \dots + e[j_k]$ называется вектором запусков последовательности $t_{j1}t_{j2} \dots t_{jk}$. А $f(\sigma)_i$ (i -й элемент вектора $f(\sigma)$) — это число запусков перехода t_i в последовательности $t_{j1}t_{j2} \dots t_{jk}$.

Матричная теория сетей Петри является инструментом для решения проблемы достижимости. Предположим, что при возникновении чрезвычайной ситуации состоя-

ние сил и средств ОВД соответствует маркировке μ . Для обеспечения безопасности жизни людей необходимо последовательно принимать управленческие решения для достижения маркировки μ' , в которой чрезвычайные обстоятельства ликвидированы, если это возможно, или их воздействие приносит наименьший вред. Таким образом, задача сводится к поиску неотрицательного целого решения $f(\sigma)$ следующего матричного уравнения для x :

$$\mu' = \mu + x \cdot D.$$

Решение $f(\sigma)$ и будет являться тем алгоритмом действий органов управления ОВД при возникновении чрезвычайных обстоятельств. Данный подход, однако, имеет ряд трудностей:

1. Решение может отсутствовать. Тогда потребуются построить множество маркировок $M' = \{\mu_1', \mu_2' \dots \mu_N'\}$, которые были бы достижимы и в то же время отвечали состоянию, при котором отсутствует угроза жизни людей.

В этом случае при разработке модели процессов принятия решений необходимо либо включать в модель состояния, которые, при всей их нежелательности, могли бы существовать, либо дополнять систему состояниями (позициями и переходами), расширяющими возможности по достижению конечного желаемого состояния.

2. Решение может быть, но при этом являться невозможным, т.е. не соответствовать разрешенным переходам.

Проработка таких решений крайне важна с той точки зрения, что позволяет ответить на вопросы: Что необходимо было сделать для достижения желаемого состояния? Что не было сделано для достижения желаемого состояния? В любом случае при имитационном моделировании решения задач, возникающих при возникновении чрезвычайной ситуации, ответы на эти вопросы позволят более эффективно разрабатывать планы действий ОВД при возникновении чрезвычайных обстоятельств.

3. Решение может быть неоднозначно, т.е. сводиться к множеству решений $F = \{f_1(\sigma), f_2(\sigma), \dots f_s(\sigma)\}$, что потребует решить задачу выбора наилучшего решения $f^*(\sigma)$ в отношении одного или нескольких критериев.

Задачи выбора не являются сами по себе чем-то неординарным и могут решаться известными методами. Более интересным будет разработка метода или алгоритма, позволяющих на этапе генерации $f_i(\sigma)$ отсекал те решения, которые не будут удовлетворять критериям оптимизации или иметь оценки заведомо хуже, чем у других решений.

4. Полученное решение $f^*(\sigma)$ не позволяет определить однозначную последовательность действий органов управления σ , поскольку для одного и того же решения может быть несколько последовательностей запусков переходов $t_{j1}t_{j2} \dots t_{jk}$, приводящих к требуемой маркировке μ' .

Если любая последовательность действий приводит к одному и тому же желаемому состоянию, то вполне очевидным будет произвольный выбор любой из последовательностей.

В связи с этим, учитывая специфику деятельности органов внутренних дел, использование сетей Петри для оптимизации процессов принятия решений при возникновении чрезвычайных обстоятельств является целесообразным и перспективным.

Критерии оптимальности процессов принятия решений.

Для оценки того, насколько верно принимаются решения, необходимо ввести показатели их эффективности и разработать методы расчета. К числу таких показателей можно отнести: время принятия решения, время выполнения решения, прогнозируемые потери среди гражданского населения, потери личного состава ОВД, причиненный материальный ущерб, число обезвреженных преступников, оценка принимаемых решений со стороны гражданского населения (общественное мнение) и др.

Выбор конкретного набора показателей $\Pi = (\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_z)$ должен производиться исходя из вида чрезвычайной ситуации, её обстоятельств и окружающих условий. К условиям могут относиться:

- время года и время суток;
- размер охваченной территории и численность населения, проживающего на ней;
- скорость развития ситуации;
- наличие развитой инфраструктуры (дорог, линий связи и т.п.);
- численность и вооруженность правонарушителей и т.д.

Необходимо отметить, что получение значений выбираемых показателей будет представлять собой неординарную задачу, решение которой потребует либо проведения многочисленных экспериментов, либо изучения исторических материалов, что, однако может быть затруднено в связи с отсутствием статистических сведений, либо привлечения групп экспертов с последующей обработкой их оценок. Несмотря на это, полученные значения показателей, скорее всего, будут несостоятельными, поэтому наиболее адекватным будет применение интервальных оценок или использование нечетких множеств. Кроме того, в пользу принятия этих подходов говорит тот факт, что многие оценки могут быть лингвистическими. Рассмотрим на примере получения оценки принимаемых решений со стороны гражданского населения возможность использования нечетких множеств.

Подход к формализации нечеткости состоит в следующем [6]. Нечеткое множество образуется путем введения обобщенного понятия принадлежности, т.е. расширения двухэлементного множества значений характеристической функции $\{0, 1\}$ до континуума $[0, 1]$. Это означает, что оценка принимаемых решений изменяется от «очень низкой» до «очень высокой» не скачком, а плавно, постепенно и выражается числом из интервала $[0, 1]$.

Определение. Нечеткое множество

$$A = \{(x, \mu_A(x))\}$$

определяется математически как совокупность упорядоченных пар, составленных из элементов x универсального множества X и соответствующих степеней принадлежности $\mu_A(x)$ или непосредственно в виде функции $\mu_A: X \rightarrow [0, 1]$.

Пусть лингвистическая переменная «оценка» будет принимать любые значения из конечного линейного упорядоченного множества X , состоящего из следующих элементов:

x_1 — очень высокая: население поддерживает все решения органов внутренних дел, оказывает помощь и содействие;

x_2 — высокая;

x_3 — средняя: население не возражает по принимаемым решениям;

x_4 — низкая;

x_5 — очень низкая: население явно демонстрирует возражение принимаемым решениям.

Значения x_1 и x_4 в данном случае служат промежуточными элементами.

Тогда другие значения данной лингвистической переменной могут быть получены с использованием слов «или», «и», «не», «очень». Эти слова можно отождествить со стандартными операциями над нечеткими множествами: «или» — с операцией объединения, «и» — с операцией пересечения, «не» — с операцией дополнения, «очень» — с операцией концентрирования (возведения в квадрат значений функции принадлежности). Используя перечисленные операции, можно получить оценки для значений лингвистической переменной, которые первоначально не входили во множество X , например: «не очень высокая».

Конкретные значения функции принадлежности $\mu_A(x_i)$ в общем случае зависят от вида функции принадлежности (треугольная, трапецевидная и т.п.), от природы исследуемого объекта и от субъективной оценки исследователя.

Оптимизация процессов принятия решений.

Наличие нескольких показателей эффективности принимаемых решений приводит к задаче многокритериальной оптимизации, которая заключается в нахождении наилучших решений сразу по нескольким критериям [7]. Одним из выходов является поиск парето-оптимального множества решений с последующим выбором любого из них [5]. Однако следует отметить недостаток такого способа, связанный с неоднозначностью усупок в оценках принимаемых решений. Другими словами, насколько будет оправданно ухудшение одного из показателей в пользу увеличения другого? Готовы ли мы увеличить число потерпевших, если это приведет к уменьшению материальных потерь или увеличению числа обезвреженных преступников? В связи с этим предлагается использовать лексикографический порядок показателей принимаемых решений, т.е. расставить приоритеты показателей. Это означает, что первый критерий в выбранном лексикографическом порядке имеет наибольший приоритет, и только в случае существования нескольких решений по данному критерию будет поиск решений по второму и остальным критериям. Если же после выполнения процедуры выбора оптимальных решений по всем критериям будет получено некоторое множество решений Ω_{opt} , то в этом случае можно выбирать любое из них.

Для построения Ω_{opt} для моделей в виде сети Петри можно предложить алгоритм метода прямой волны, основанный на матричном подходе.

Пусть $e[j_1, j_2, \dots, j_f]$ — m -вектор, содержащий нули везде, за исключением компонент j_1, j_2, \dots, j_f . Тогда переходы $t_{j_1}, t_{j_2}, \dots, t_{j_f}$ представляются m -вектором $e[j_1, j_2, \dots, j_f]$. Переход t_j в маркировке μ разрешен, если $\mu \geq e[j_1, j_2, \dots, j_f] \cdot D^-$, а результат одновременного запуска переходов $t_{j_1}, t_{j_2}, \dots, t_{j_f}$ в маркировке μ записывается как

$$\delta(\mu, t_{j_1}, t_{j_2}, \dots, t_{j_f}) = \mu + e[j_1, j_2, \dots, j_f] \cdot D,$$

где $D = D^+ - D^-$ — составная матрица изменений.

Тогда для последовательности шагов

$$\sigma_w = [(t_{j_1}, t_{j_2}, \dots, t_{j_f})_1, (t_{j_1}, t_{j_2}, \dots, t_{j_f})_2, \dots, (t_{j_1}, t_{j_2}, \dots, t_{j_f})_w]$$

имеем

$$\delta(\mu, \sigma_w) = \mu + (e_1[j_1, j_2, \dots, j_f] + e_2[j_1, j_2, \dots, j_f] + \dots + e_w[j_1, j_2, \dots, j_f]) \cdot D$$

или

$$\delta(\mu, \sigma_w) = \mu + f(\sigma_w) \cdot D. \quad (1)$$

Из (1) можно найти последовательности маркировок для k -го варианта альтернативного решения:

$$\mu_{i+1}^k = \mu_i^k + e_i[j_1, j_2, \dots, j_f] \cdot D.$$

При этом вариант действий v_k можно представить не только в виде смены маркировок сети, но и в виде последовательности запусков переходов:

$$v_k = (e_1[j_1, \dots, j_f], e_2[j_1, \dots, j_f], \dots, e_w[j_1, \dots, j_f]). \quad (2)$$

Для разработки Ω_{opt} потребуется ввести значения условий, при которых происходит моделирование ситуации: заполнить массив U , указать состояние сил и средств ОВД, т.е. задать начальную маркировку μ_S .

После этого происходит запуск сети в пошаговом режиме, при этом пользователь может изменять только маркировку μ_D , а в позиции $dp_i \in DP$ в соответствии со структурой сети помещаются метки, запуская при этом разрешенные переходы $t_{j_1}, t_{j_2}, \dots, t_{j_f}$ на данном шаге. Одновременно происходит запись варианта v_k в виде (2). Сеть работает до тех пор, пока в одной из конечных позиций sp_i (соответствующей, завершению чрезвычайной ситуации) не появится метка.

Таким образом, в виде человеко-машинной процедуры происходит генерация первого варианта, после чего рассчитываются значения показателей эффективности принятых решений. Полученный вариант v_I заносится в Ω_{opt} .

Для генерации второго и всех последующих вариантов v_k используется пошаговая последовательность смены маркировки μ_D , записанная в первом варианте v_I . При этом на каждом i -м шаге происходит проверка следующих условий:

Условие 1: $\exists i, \exists j: \Pi_i^j \succ \Pi_i^k$,

то такой вариант считается неоптимальным, и его генерация прекращается на данном шаге.

Условие 2:

$$\exists i, \exists j: \Pi_i^j \prec \Pi_i^k$$

то j -й вариант считается неоптимальным и удаляется из Ω_{opt} .

Описанный выше алгоритм генерации множества Ω_{opt} удобно представить в виде блок-схемы (рис. 2).

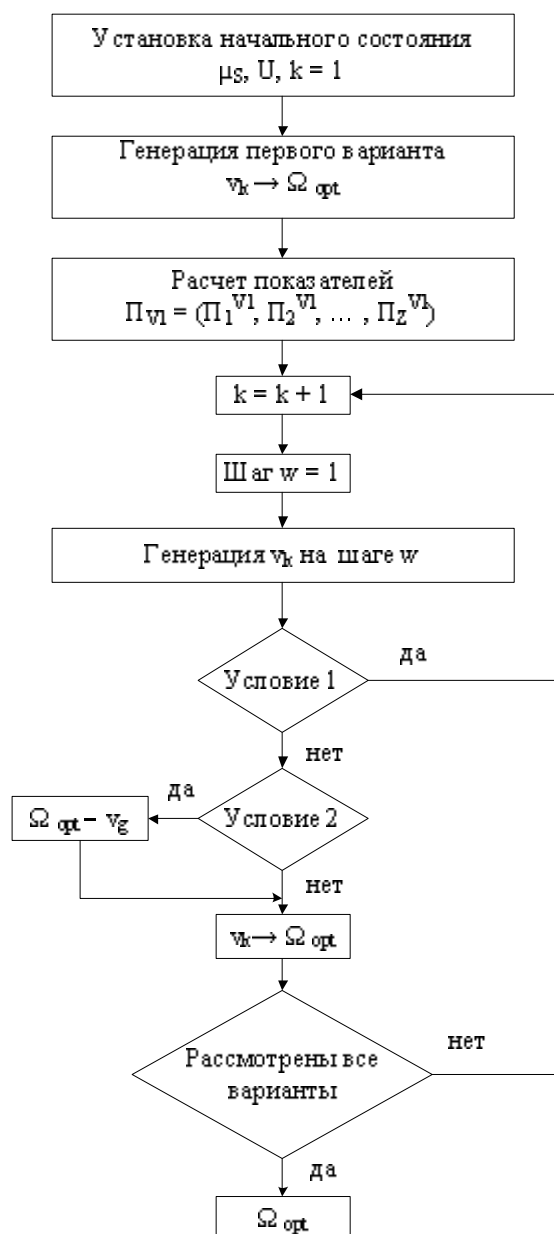


Рис. 2. Генерация множества оптимальных решений

Заключение.

Моделирование процессов принятия решений в ситуационных центрах ОВД и их оптимизация позволят, с одной стороны, значительно уменьшить потери и масштабы последствий. С другой стороны, появляется возможность заблаговременно принять оптимальные планы действий сотрудников, выработать навыки у лиц, принимающих

решение комплексный взгляд на возникающие чрезвычайные ситуации. Более того, предложенные подходы и алгоритмы оптимизации решений могут быть автоматизированы с помощью информационных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Меньших В.В., Пьянков О.В., Самороковский А.Ф. Использование ситуационных центров для обучения действиям в кризисных ситуациях // Вестник ВИ МВД России. — 2011. — №3. — С. 154—160.
2. Меньших В.В., Толстых О.В. Модель распространения и устранения угроз информационной безопасности на объекте информатизации // Вестник ВИ МВД России. — 2012. — №3. — С. 177—185.
3. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. — М.: Мир, 1984. — 264 с.
4. Меньших В.В., Горлов В.В. Алгоритм имитационного моделирования действий органов внутренних дел при чрезвычайных обстоятельствах криминального характера // Вестник ВИ МВД России. — 2013. — №3. — С. 52—59.
5. Пьянков О.В., Самороковский А.Ф. Алгоритм построения парето-оптимального множества на основе матричного представления сетей Петри // Вестник ВИ МВД России. — 2008. — №3. — С. 117—122.
6. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / под ред. Д.А. Поспелова. — М.: Наука, 1986. — 312 с.
7. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. — М.: Радио и связь, 1981. — 560 с.

REFERENCES

1. Menshih V.V., Pyankov O.V., Samorokovskiy A.F. Ispolzovanie situatsionnyih tsentrov dlya obucheniya deystviyam v krizisnyih situatsiyah // Vestnik VI MVD Rossii. — 2011. — N3. — S. 154—160.
2. Menshih V.V., Tolstyih O.V. Model rasprostraneniya i ustraneniya ugroz informatsionnoy bezopasnosti na ob'ekte informatizatsii // Vestnik VI MVD Rossii. — 2012. — N3. — S. 177—185.
3. Piterson Dzh. Teoriya setey Petri i modelirovanie sistem. — M.: Mir, 1984. — 264 s.
4. Menshih V.V., Gorlov V.V. Algoritm imitatsionnogo modelirovaniya deystviy organov vnutrennih del pri chrezvyichaynyih obstoyatelstvakh kriminalnogo haraktera // Vestnik VI MVD Rossii. — 2013. — N3. — S. 52—59.
5. Pyankov O.V., Samorokovskiy A.F. Algoritm postroeniya pareto-optimalnogo mnozhestva na osnove matrichnogo predstavleniya setey Petri // Vestnik VI MVD Rossii. — 2008. — N3. — S. 117—122.
6. Nechetkie mnozhestva v modelyakh upravleniya i iskusstvennogo intellekta / pod red. D.A. Pospelova. — M.: Nauka, 1986. — 312 s.
7. Kini R.L., Rayfa H. Prinyatie resheniy pri mnogih kriteriyah: predpochteniya i zamesheniya. — M.: Radio y svyaz, 1981. — 560 s.