

УДК 519.816

Папаев П.Л., Дударов С.П.

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ О МАРШРУТЕ ЭВАКУАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРСОНАЛА НА ОСНОВЕ МЕТОДА АНАЛИЗА АЛЬТЕРНАТИВ

Папаев Павел Леонидович, ассистент кафедры информационных компьютерных технологий;

Дударов Сергей Павлович, к.т.н., доцент, декан факультета информационных технологий и управления, e-mail: dudarov@muctr.ru,

Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия
125047, Москва, Миусская пл., д. 9

Рассмотрен алгоритм принятия решений о маршруте эвакуации персонала в результате промышленной химической аварии. Исходные данные – результаты моделирования распространения загрязняющего вещества, данные о наличии препятствий, метеоусловия. На основе метода анализа альтернатив предлагаются варианты возможных решений. Ранжирование решений производится на основе критерия оптимизации – суммарной величины токсодозы, полученной персоналом при эвакуации по рассматриваемому маршруту. Проанализированы преимущества и ограничения алгоритма. Алгоритм рекомендован для использования в автоматизированных системах поддержки принятия решений.

Ключевые слова: принятие решений, метод анализа альтернатив, система поддержки принятия решений, маршрут эвакуации, эвакуация персонала, химическая авария.

DECISION MAKING ON EVACUATION ROUTE OF INDUSTRIAL PERSONNEL BASING ON ALTERNATIVES ANALYSIS METHOD

Папаев P. L., Dударov S. P.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

Algorithm of decision making on route of personnel evacuation in result of industrial chemical accident was considered. Initial data consists of modeling results of polluting substance distribution, information about obstacles and meteorological data. Variants of possible decisions are offered basing on alternatives analysis method. Decision ranking makes by optimization criterion that is total toxic dose value which is obtained by personnel when evacuation on considering route. Advantages and limitations of algorithm was analyzed. Algorithm is recommended to implementation in automated decision making support systems.

Keywords: decision making, alternatives analysis method, decision making support system, evacuation route, personnel evacuation, chemical accident.

Возможность аварий на промышленных объектах химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств вследствие различных объективных и субъективных факторов обуславливают необходимость находиться в постоянной готовности к принятию сложных управленческих решений компетентными лицами и службами. Эти решения должны быть максимально оперативными и эффективными. Для обеспечения этого постоянно ведутся разработки нового математического аппарата, методов поддержки принятия решений и соответствующих автоматизированных систем.

При решении задач экологической и промышленной безопасности хорошо зарекомендовали себя методы искусственного интеллекта. Ячеечно-нейросетевые модели позволяют проводить оценку загрязнения атмосферы и рассчитывать уровень токсического поражения, дискретно разделяя пространство и время на определённые интервалы, обеспечивающие достаточную точность при относительно небольших затратах вычислительных ресурсов [1,2]. Методы нечёткой логики и теории нечётких множеств используются для принятия решений в условиях

частичной неполноты или неопределённости исходной информации [3].

В данной работе предлагается совместить результаты ячеечно-нейросетевого моделирования с традиционными методами принятия решений на их основе. Это в некоторых случаях позволит заметно сократить время на автоматизированный анализ возможных вариантов и, как следствие, быстрее представить необходимые данные лицу, принимающему окончательные решения по эвакуации производственного персонала, находящегося в зоне действия вредных и опасных факторов промышленной аварии. В случае аварии на объектах химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств таким фактором будет чаще всего являться выброс и распространение опасного химического вещества.

В качестве основного метода принятия решений предлагается метод анализа альтернатив. При его реализации анализируются различные варианты возможных решений, а также последствия, к которым они ведут (рис.1). Для описания качественных и количественных характеристик всех последствий используются различные критерии. Численные значения критериев позволяют ранжировать альтернативы решений в порядке

возрастания тяжести последствий. При использовании для ранжирования альтернатив качественных характеристик их также следует оценить численно в заданном масштабе, после чего найти взвешенную сумму локальных критериев.

Если для расчёта критерия используются как количественные, так и качественные характеристики одновременно, то они должны быть взвешены в обобщающем критерии после предварительной нормализации.

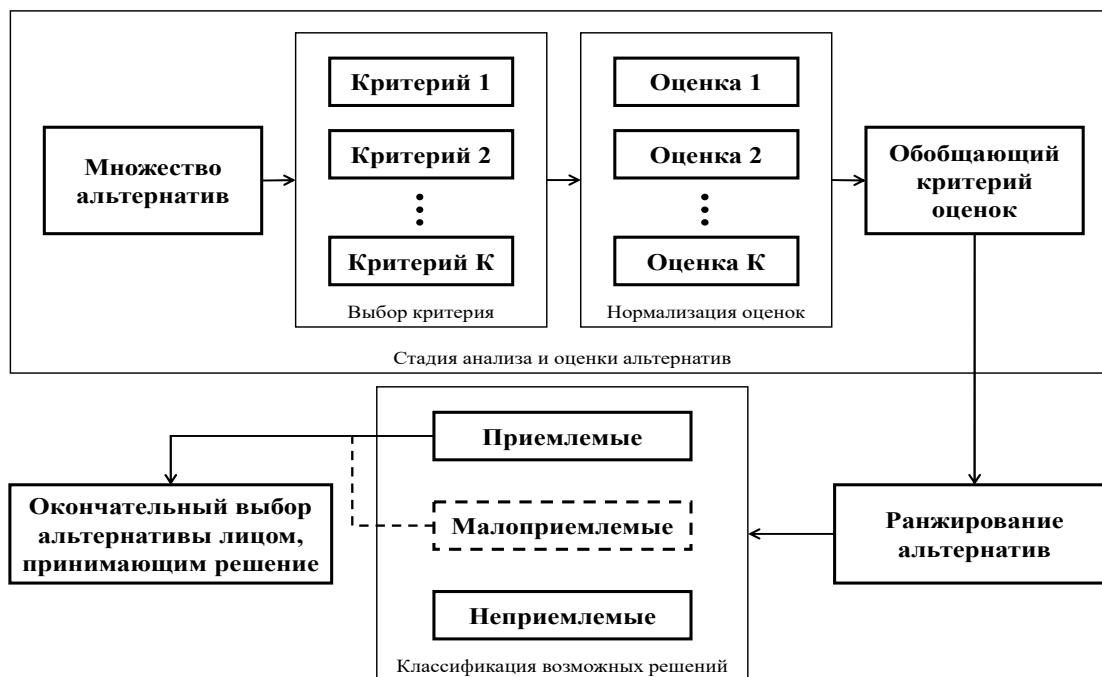


Рис.1. Блок-схема алгоритма принятия решений на основе анализа и выбора альтернатив

При решении задачи эвакуации производственного персонала из зоны аварии главный критерий – величина полученной токсодозы. Задача ставится следующим образом: требуется найти такой оптимальный маршрут эвакуации, который обеспечит наименьшее значение токсодозы, полученной каждым эвакуируемым сотрудником производства. В свою очередь, данные по токсодозе могут быть получены только с использованием специализированных программных средств моделирования последствий химических аварий на опасных производственных объектах [4]. Дополнительными пространственными ограничениями решаемой задачи служат застройка, заграждения и промышленное оборудование, расположенные на возможных путях эвакуации.

Полученные таким образом решения делятся на приемлемые и неприемлемые. Возможна также группа малоприемлемых решений, рассматриваемых лишь в исключительных случаях. Из приемлемых или малоприемлемых решений на основе дополнительно учитываемых второстепенных критериев могут быть выделены рекомендуемые решения. Окончательный выбор остается за лицом, принимающим решение, учитывающим также ограничения, возможно, не известные автоматизированной системе.

Оценка токсодозы, полученной персоналом на пути эвакуации, складывается из шаговых токсодоз, полученных во время пребывания в каждой ячейке пространства, подвергшейся химическому заражению. Повторяя допущение об одинаковом уровне концентрации загрязняющего вещества

внутри ячейки, ранее сделанное при ячейочно-нейросетевом моделировании [1], получим численную оценку токсодозы (Ct_{50i}) в каждой ячейке с номером i на пути эвакуации как произведение концентрации на время пребывания в ней:

$$Ct_{50i} = C_i \tau_i, \quad (1)$$

где C_i – концентрация в ячейке с номером i ; τ_i – фактическое время пребывания в ячейке с номером i .

Фактическое время пребывания определяется направлением движения из данной ячейки в процессе эвакуации. Если это движение прямолинейное (между соседними ячейками, имеющими общую грань), то фактическое время пребывания равно базовому времени (τ_0) – отношению длины стороны ячейки к скорости движения ($\tau_i = 1,00\tau_0$). Если осуществляется диагональное перемещение между ячейками, имеющими одинаковые координаты только лишь для одной вершины, то фактическое время пребывания увеличивается на 41% по сравнению с базовым временем ($\tau_i = 1,41\tau_0$). Данные коэффициенты актуальны только для равномерно упорядоченных квадратных ячеек (рис.2), для других форм и порядков расположения ячеек коэффициенты могут быть иными.

Суммарная полученная токсодоза Ct_{50} по всем n ячейкам на пути эвакуации составит:

$$Ct_{50} = \sum_{i=1}^n Ct_{50i} \cdot (2)$$

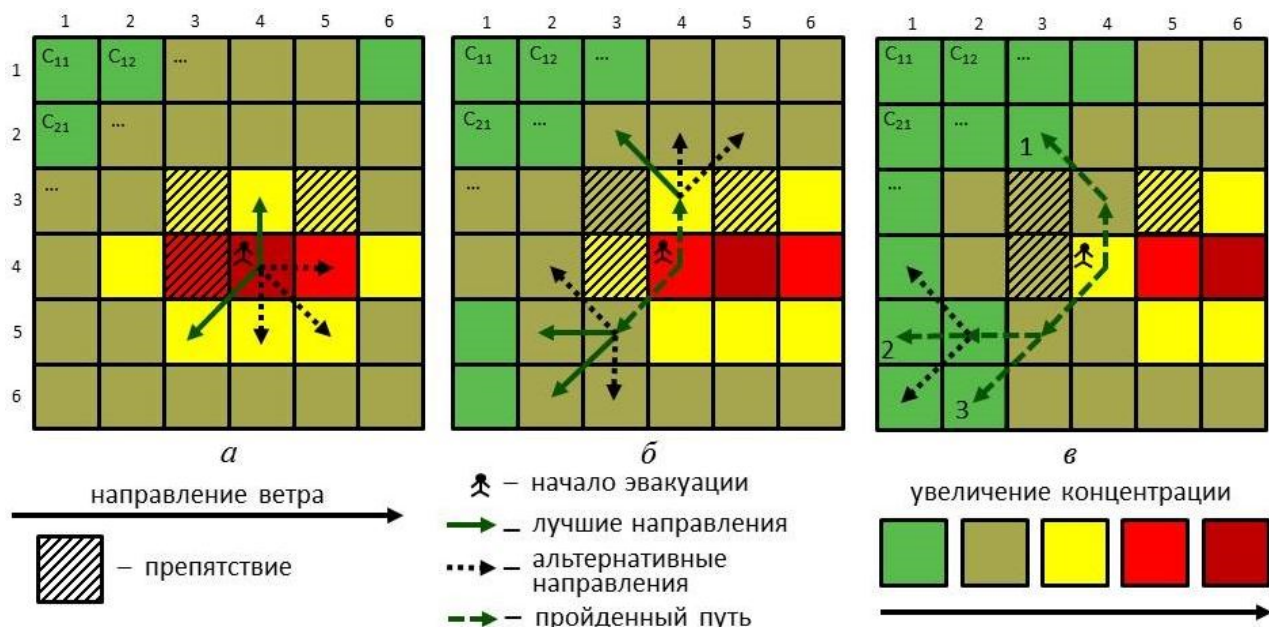


Рис.2. Этапы формирования маршрута эвакуации на основе алгоритма метода анализа альтернатив

Следует обратить внимание, что не только местоположение эвакуируемого персонала изменяется во времени, но также и величина концентрации загрязняющего вещества в соответствующей ячейке. Этот факт тоже следует иметь в виду при альтернативном выборе из приемлемых решений. Рассмотрим пример анализа альтернатив и выбора решения, проиллюстрированный в виде трёх последовательных этапов на рис.2.

В момент начала эвакуации (рис.2,а) возможны 8 различных направлений движения. Три из них сразу исключаются из рассмотрения как не удовлетворяющие пространственным ограничениям (препятствия). Для оставшихся альтернатив рассчитываются значения шаговой токсодозы по соотношению (1). В результате расчётов из 5 оставшихся вариантов 2 были признаны лучшими (приемлемыми), так как дали наименьшее значение шаговой токсодозы. Величина шаговой токсодозы добавляется к суммарной токсодозе (критерию оптимальности) соответствующего маршрута. Далее новые ячейки рассматриваются независимо друг от друга (рис.2,б): они используются как ячейки отправления, а окружающие их ячейки – как возможные варианты направлений движения. При этом из рассмотрения сразу исключаются не только ячейки с препятствиями, но и ячейки, смежные с предыдущим местонахождением, в которые, будь они приемлемыми, можно было бы попасть за один предыдущий шаг. Таким образом, на каждом шаге расчёта любой вариант местонахождения даёт одно или несколько альтернативных направлений, что в результате приводит к нескольким десятками и даже сотням альтернативных решений, формирующихся до момента окончания маршрута в ячейке с безопасным уровнем загрязнения.

Предложенный алгоритм принятия решений по эвакуации производственного персонала при химических авариях на промышленных объектах лёгок в реализации и требует минимального

объёма вычислительных ресурсов и, как следствие, минимальных затрат времени на получение результата. Он легко интегрируется в действующие автоматизированные системы поддержки принятия решений. Основным недостатком данного метода – достаточно грубая дискретизация направления движения в 45 градусов. Тем не менее, с одной стороны, он может быть скомпенсирован более сильной дискретизацией пространства (использованием меньших по размеру ячеек), а с другой стороны, само по себе влияние такого допущения не очень высоко из-за значительной неопределённости процесса рассеяния примеси загрязняющего вещества.

Работа выполнена в рамках специального именованного гранта некоммерческой организации «Благотворительный фонд «ЛУКОЙЛ».

Список литературы

1. Дударов С.П., Папаев П.Л., Кудряшов А.Н., Карибова Ю.А. Ячеечно-нейросетевые модели в задачах экологической безопасности // Искусственный интеллект и принятие решений. 2011. № 2. С. 31-39.
2. Дударов С.П., Папаев П.Л., Колосов А.В. Оценка последствий химических аварий на опасных производственных объектах с использованием ячейечно-нейросетевых моделей // Безопасность труда в промышленности. 2012. № 3. С. 64-70.
3. Дударов С.П., Папаев П.Л. Алгоритмизация принятия решений на основе процедур нечётко-логического вывода в условиях неопределённости // От фундаментальных исследований к коммерциализации научных идей: Сборник материалов российско-швейцарского семинара. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. С. 26-28.
4. Дударов С.П., Папаев П.Л. Информационная система ячейечно-нейросетевого моделирования последствий химических аварий на опасных производственных объектах // Системы и средства информатики. 2016. Т. 26, № 2. С. 123-135.