УДК 004.89:004.93

О.М. Мирошник

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗУ, Черкаси

КОМП'ЮТЕРНА ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ ТЕХНОГЕННИХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОСНОВІ СИТУАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ

У статті висвітлено загальну характеристику проблеми інформатизації процесів прийняття рішень під час надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Запропоновано, для опису динаміки поширення надзвичайної ситуації, просування рятувальних підрозділів та зміни зони ураження, застосовувати модель із елементами подієвотемпоральної логіки. Описаний метод двоетапної обробки інформації для знання орієнтованих систем підтримки прийняття рішень в умовах техногенних аварій. Розроблена структура інформаційної технології підтримки прийняття рішень та наведений приклад дій рятувальних підрозділів по евакуації населення із зони ураження небезпечної хімічної речовини.

Ключові слова: *зона ураження, інформаційна технологія підтримки прийняття рішень, евакуація населення, ситуаційна модель.*

Вступ

Останнім часом в Україні, як і в інших країнах світу, все частіше виникають катастрофи техногенного характеру, що призводять до надзвичайних ситуацій (НС). Одні з найбільш критичних за своїми наслідками НС - це ті НС, які є наслідками аварійних викидів в атмосферу небезпечних хімічних речовин (НХР). В умовах таких НС повинен бути реалізований комплекс заходів, і насамперед евакуація населення із зони ураження НХР. Формування і прийняття рішень щодо евакуації населення в умовах НС, пов'язаних з викидом НХР в атмосферу, пов'язане з низкою проблем, які безпосереднім чином випливають з природи даної НС, як нетрадиційного об'єкта прийняття рішень (ОПР).

До особливостей ОПР такого типу належать [1]:

- унікальність кожного випадку виникнення НС: неповторні комбінації метеорологічних параметрів навколишнього середовища;

- величезна кількість інформації, яку необхідно обробити за обмежений час для прийняття максимально ефективних рішень;

- висока динаміка розвитку подій в зоні НС;

- нечіткість і неповнота інформації про поточний стан об'єкта прийняття рішень в умовах НС.

Вищеперелічені особливості обумовлюють набагато вищий рівень невизначеності, ніж при управлінні традиційними об'єктами, і як наслідок - складність процедури формування і прийняття рішень в умовах НС, пов'язаних з розповсюдженням НХР.

Сучасні зарубіжні інформаційно-аналітичні системи (шведська ІАС PRIO [4], ІАС у складі американської системи EPA [5] і т.д.) націлені в основному на моделювання розповсюдження НХР в атмосфері, в той час як організація евакуаційних заходів залишається за кадром. Вітчизняні ж системи [2] орієнтовані на розрахунок зони ураження НХР за стандартними методиками [3], що дає лише наближену картину розподілу концентрацій НХР.

Таким чином, актуальною є розробка спеціалізованої ІАС підтримки прийняття рішень в НС техногенного характеру, в основі якої лежить модель особливого типу, в якій застосовується подієво-темпоральна логіка для опису динаміки поширення НС, просування рятувальних підрозділів та зміни в заселеності зони ураження. Дана ІАС здатна з одного боку прогнозувати розповсюдження НХР, а з іншого - формувати рішення по організації заходів з евакуації населення із зони НС.

Метою статті є опис моделі на мові ситуаційного управління (МСУ) процесів розвитку НС, пов'язаних з розповсюдженням НХР в атмосфері, а також заходів щодо евакуації населення із зони НС.

Постановка задачі

Основні проблеми, що виникають при створенні ІТ, а на їх основі - ІАС ППР в НС техногенного характеру, безпосередньо випливають з особливостей об'єкта прийняття рішень (ОПР), описаних у вступі. Поряд з цим, особливої значущості набуває проблема, пов'язана з різною природою елементів, що складають ОПР, що вимагає застосування спеціальних підходів до створення моделі ОПР. Елементи у складі ОПР можуть бути суто технічними (напр., Ресурси для евакуації, система моніторингу і т.п.), живими (напр.,

Населення в зоні НС, рятувальники і т.д.). Крім того, модель ОПР повинна включати елементи топографічної карти місцевості, метеоумови. Виходячи з цього, необхідний єдиний формальний апарат уявлення різнорідних елементів в рамках єдиної моделі ОПР.

Перш ніж переходити до постановки задачі, слід детально описати елементи предметної області і зв'язки між ними.

1) Нехай джерело викиду НХР в атмосферу S_z в момент часу z характеризується наступною множиною параметрів:

$$S_z = \{CP, vol\_all, (x_0, y_0, z_0), vol\_ex_z, press_{0z}, temp_{0z}\}, \quad (1)$$

де CP - властивості і параметри НХР, vol_all - повний обсяг НХР, (x_0, y_0, z_0) - координати джерела в момент викиду, vol_ex_z - обсяг НХР, що вийшов в атмосферу в момент часу z, $press_{0z}$ - тиск в джерелі НХР в момент часу z, $temp_{0z}$ - температура в джерелі НХР в момент часу z.

2) Метеорологічні умови $Met_{z,n}$ в момент часу z в сегменті n тривимірної карти зони НС описуються наступним набором характеристик:

$$Met_{z,n} = \{temp_{z,n}, humid_{z,n}, press_{z,n}, stab_{z,n}, WD_{z,n}, WS_{z,n}\} \quad (2)$$

де $temp_{z,n}$ - температура повітря в сегменті n в момент часу z, $humid_{z,n}$ - вологість повітря в сегменті n в момент часу z, $press_{z,n}$ - тиск повітря в сегменті n в момент часу z, $stab_{z,n}$ - параметр стабільності атмосфери в сегменті n в момент часу z, $WD_{z,n}$ - напрям вітру в сегменті n в момент часу z, $WS_{z,n}$ - швидкість вітру в сегменті n в момент часу z.

3) Стан системи моніторингу Mon_z на момент часу z описується за допомогою безлічі об'єктів:

$$Mon_z = \{mon_{lz}\}\ mon_{z,l} = \{Data_{z,l}\}$$
$$Data_{z,l} = \{data_{z,l_i}\}\ data_{z,l_i} = \{(x_{li}, y_{li}, z_{li}), c_{z,l_i}\}, \quad (3)$$

де mon - газоаналізатори системи моніторингу, $data_{z,l_i}$ - параметри і свідчення i-го датчика l-го газоаналізатора, (x_{li}, y_{li}, z_{li}) - координати i-го датчика l-го газоаналізатора, c_{z,l_i} - показання концентрації НХР i-го датчика l-го газоаналізатора в момент часу z.

4) Стаціонарні сили і засоби для евакуації населення із зони НС в момент часу z описуються за допомогою двох множин об'єктів:

$$FD_z = \{fd_{i,z}\}\ fd_{i,z} = \{(x_{fd}, y_{fd}, z_{fd})_i, R_{fd_i,z}\}, \quad (4)$$
$$R_{fd\,i,z} = \{r_{fd,i,z}\},\ i = \overline{1, n_{res}},$$

де FD - функціональні підрозділи, (x_{fd}, y_{fd}, z_{fd}) - координати функціонального підрозділу, $R_{fd,z}$ - ресурси, які знаходяться в заданому функціональному підрозділі в момент часу z, r_{fd} - певний тип ресурсів, необхідних для евакуації населення (людські, матеріальні, технічні тощо).

$$EP_z = \{ep_{iz}\}\ ep_{iz} = \{(x_{ep}, y_{ep}, z_{ep})_i, v_z\}, \quad (5)$$

де EP - евакуаційні приміщення, (x_{ep}, y_{ep}, z_{ep}) - координати евакуаційних приміщень, v_z - кількість вільних місць.

5) Нехай діючі сили і засоби для евакуації населення із зони НС AD_z в момент часу z описуються наступним набором об'єктів:

$$AD_z = \{ad_{i_z}\},\ ad_{i_z} = \{(x_{ad_i}, y_{ad_i}, z_{ad_i})_z, v_{ad_i}, R_{ad_i z}\}, \quad (6)$$

де AD - безліч підрозділів, що діють в момент часу z, $(x_{ad_i}, y_{ad_i}, z_{ad_i})_z$ - координати чинного підрозділу в момент часу z, v_{ad_i} - середня швидкість переміщення підрозділи, $R_{ad_i z}$ - ресурси чинного підрозділу в момент часу z.

6) Інформація про мапу забудови $Urb_{z,k}$ в момент часу z в сегменті k тривимірної карти зони НС представляється у вигляді наступного безлічі параметрів:

$$Urb_{z,k} = \{(x_k, y_k, z_k), c_{z,k}, °_{z,k}, MK_{z,k}\}, \quad (7)$$

де (x_k, y_k, z_k) - координати ділянки Urb, $c_{z,k}$ - концентрація НХР в сегменті k в момент часу z, $°_{z,k}$ - середня щільність населення в сегменті k в момент часу z, $MK_{z,k}$ - середній коефіцієнт значущості (уразливості, першорядності евакуації) в сегменті k в момент часу z. Коефіцієнт $MK_{z,k}$ являє собою числову характеристику пріоритету терміновості евакуації певної групи населення та визначається експертами, при цьому, чим вище пріоритет, тим вище значення коефіцієнта.

7) Інформація про населення в зоні НС $Urb_{risk,z}$ в момент часу z описується за допомогою наступної конструкції:

$$Urb_{risk,z} = \{urb_{risk\,iz}\}, \quad (8)$$
$$urb_{risk\,iz} = \{urb_{iz}, R_{urbz}, t_b, t_e\}, \forall urb_{iz} : °_z > £,$$

де $Urb_{risk,z}$ - безліч елементів забудови, що потрапляють в зону ураження НХР в поточний або прогнозований період на момент часу z, R_{urbz} - мінімальні ресурси, необхідні для евакуації населення, t_b - час початку потрапляння в зону ураження, t_e - час природного закінчення періоду потрапляння в зону ураження, $£$ - порогове значення мінімальної щільності населення.

Часи t_b, t_e вважаються з моменту аварійного викиду НХР.

8) Нехай процес евакуації населення із зони НС $Evac_z$ в момент часу z представляється у вигляді безлічі об'єктів:

$$Evac_z = \{evac_{iz}\}, \quad (9)$$
$$evac_{iz} = \{ad_{jz}, urb_{res_k z}, t^b_{evac}, t^e_{evac}\}$$

де $Evac_z$ - евакуаційні заходи на момент часу z, t^b_{evac}, t^e_{evac} - час початку і закінчення евакуації з елемента забудови $urb_{res_k z}$ чинним підрозділом ad_{jz}. При цьому приймається, що $t^e_{evac} \le t_{urb_{res}\, e}$ і можливі такі варіанти:

$t_{urb_{res}\, b} < t^b_{evac} < t^e_{evac} \le t_{urb_{res}\, e}$ - евакуація відбувається в період поразки НХР ділянки забудови;

$t^b_{evac} < t^e_{evac} < t_{urb_{res}\, b} < t_{urb_{res}\, e}$ - евакуація відбувається завчасно до початку ураження;

$t^b_{evac} < t_{urb_{res}\, b} < t^e_{evac} < t_{urb_{res}\, e}$ - евакуація відбувається частково завчасно до початку поразки і частково після.

Завдання планування організації евакуаційних заходів

Дано:

- параметри джерела аварії (1);
- інформація про параметри навколишнього середовища (2);
- векторна карта місцевості (3-D карта) (7);
- дані системи моніторингу (3);
- інформація про доступні ресурси для евакуації населення із зони техногенної НС (4-5).

Необхідно сформувати рішення рекомендаційного характеру щодо евакуації населення із зони техногенної НС, викликаної аварійним викидом НХР в атмосферу.

Поставлена задача є багатокритеріальною і класичні оптимізаційні методи її вирішення є неефективними в умовах браку часу і наявності ризиків.

1. Ситуаційна модель процесу прийняття рішень щодо евакуації населення із зони ураження НХР

У [1] Поспєлов Д.А. вводить поняття поточної і повної ситуації: поточна ситуація - сукупність відомостей про структуру об'єкта та його функціонування в даний момент часу; а повна ситуація - поточна ситуація, знання про стан системи управління в даний момент і знання про технології управління.

Згідно [1] формальна постановка задачі управління складним об'єктом має вигляд:

$$S_i;\ Q_j \xrightarrow[U_k]{} Q_t, \quad (12)$$

де S_i - повна ситуація, Q_j і Q_t - поточні ситуації, U_k - керуючі впливу. А сенс (12) полягає в тому, що, якщо на об'єкті склалася поточна ситуація Q_j, при цьому S_i допускає використання керуючого впливу U_k, то вона застосовується, і внаслідок цього застосування Q_j переходить в нову поточну ситуацію Q_t.

Розглянута проблемна область є динамічною: у кожен момент часу відбувається зміна метеорологічної обстановки, що тягне за собою зміну зони ураження НХР, а це, в свою чергу, призводить до змін в управлінні рятувальними підрозділами. Тому доцільним є поетапний розгляд, тобто розгляд ситуацій з певним періодом. Таким чином, поточною ситуацією назвемо ситуацію, що склалася на об'єкті, в певний момент часу. При цьому приймемо за початок тимчасового відліку - момент виникнення аварійного викиду НХР.

Поточна ситуація, що виникла в момент часу z, описується теоретико-множинним способом наступним чином:

$$Sit_z = \{Met_z, Mon_z, Urb_z, S_z, FD_z, EP, AD_z, Urb_{risk^z}, Evac_z\}. \quad (13)$$

Однак опис (13) є тільки базовим, а для опису взаємодій об'єктів і суб'єктів предметної області застосовуються псевдофізичні логіки (ПФЛ), описувані за допомогою мови ситуаційного управління. ПФЛ - це логіка, яка відображає сприйняття суб'єктом або штучною системою закономірностей зовнішнього фізичного середовища. Прикладами ПФЛ є тимчасові логіки, просторові логіки, логіки дій тощо [3]. ПФЛ володіють великими перевагами в разі використання їх в системах подання знань, а також при плануванні доцільної поведінки.

Суть ПФЛ становить робота з подіями. [4]. Подія - фіксований факт, пов'язаний з діяльністю суб'єкта або діями, вчиненими в силу об'єктивних законів. [5] Події бувають точкові та інтервальні. Найбільший прикладний інтерес представляють інтервальні події. Дані події проектуються на тимчасову шкалу у вигляді часових відрізків, початок і закінчення яких називаються маркерами.

Нехай

$$P = \{p_1, ..., p_n, «_b(p_1), «_e(p_1), ..., «_b(p_n), «_e(p_n)\} \quad (14)$$

де P - безліч подій, p_i - власне подія, $«_b(p_i)$, $«_e(p_i)$ - маркери початку і закінчення події p_i

$$R = \{r_{11}, r_{12}, ..., r_{kp}\}, \quad (15)$$

де R - безліч відносин між подіями;

$$T = \{t_1, t_2, ..., t_m, ...\},$$
$$t_1 < t_2 < ... < t_i < t_{i+1} < ... < t_m < ... \quad (16)$$

де T - безліч моментів часу на відносній часовій шкалі.

Основною одиницею часу є проста ядерна конструкція - трійка виду (17) [7]:

$$(xry), \quad (17)$$

де x і y - поняття, r - відношення або дія.

У формулі (17) можна підставляти інші ядерні конструкції виду (17), і цей процес можна продовжувати рекурсивно.

Основні неметричні відносини інтервальних подій у формі (xry) [9]: r_1 - подія x строго передує події y; r_2 - подія x строго слідує за подією y; r_3 - подія x перетинається з y; r_0 - подія x збігається з y; r_4 - подія x лежить всередині y; r_5 - подія x лежить всередині y так, що їх початки збігаються; r_6 - подія x лежить всередині y так, що їх закінчення збігаються; r_7 - подія x безпосередньо передує y; $r = ®$ - подія обумовлена подією x.

2. Метод двоетапної обробки інформації для знанняорієнтованої підтримки прийняття рішень в умовах техногенних аварій і катастроф

Етап 1. Прогнозування поширення НХР

1.1 Первинна обробка даних-показників датчиків газоаналізаторів системи моніторингу зони НС.

1.2 Застосування аналітичної моделі для прогнозування розповсюдження НХР в зоні НС.

1.3 Уточнення картини розподілу НХР в зоні НС шляхом застосування регресійного аналізу до даних моніторингу.

Етап 2. Формування рішень-рекомендацій з організації евакуаційних заходів

2.1 Отримання узагальненої і структурованої інформації про ступінь небезпеки в різних ділянках зони НС шляхом кластеризації зони НС за рівнями небезпеки за допомогою застосування самоорганізованих карт Кохонена.

2.2 Формування рішень рекомендаційного характеру з евакуації населення із зони НС за рахунок застосування динамічних експертних систем з продукційним типом зберігання знань.

2.1 Завдання прогнозування розповсюдження НХР

Завдання прогнозування розповсюдження НХР в атмосфері є однією з ключових для подальшого прийняття рішень щодо евакуації населення із зони НС. Постановка завдання на змістовному рівні має наступний вигляд:

Вихідні дані:

- інформація про параметри навколишнього середовища (швидкість і напрям вітру, вологість, температура, тиск і т.д.);
- векторна 3-D карта місцевості, в якій відображені рельєф і забудова.

В результаті рішення необхідно отримати:

Ідентифікаційну та прогнозну узагальнену інформацію про стан довкілля в зоні техногенної НС.

У той же час, рішення даної задачі далеко не тривіальне: система диференціальних та інтегральних рівнянь, що описують фізику процесу поширення, що враховують хоча б кілька параметрів навколишнього середовища (напр., Швидкість вітру, температуру, тиск і вологість на одній висоті) вже є нерозв'язною, не кажучи вже про необхідність подання рельєфу, тривимірних залежностей, 3-D карти міської забудови.

На сьогоднішній день в світі існує безліч моделей, що описують поширення НХР в атмосфері, серед яких є і ті, що визнані на державному рівні як стандартні моделі, які входять до складу ІАС з НС, і на підставі яких проводиться прогноз розподілу концентрацій НХР в зоні НС (напр., моделі AERMOD, CALPUFF [5, 7]).

Усі ці моделі можна розділити на 6 груп [6]:

1) струменеві моделі - моделі, в основі яких лежить припущення, що всі параметри навколишнього середовища розподілені однорідно в горизонтальному напрямку. Дані моделі можуть застосовуватися для наближеного прогнозування розповсюдження НХР на відстань, близькі до джерела викиду;

2) моделі з сегментованими струменями - моделі, які описують викиди НХР в якості набору елементарних об'ємів, усередині яких параметри навколишнього середовища однорідні. Дані моделі враховують рельєф місцевості і зазвичай використовуються для прогнозування на мезорівні (10 – 100 км);

3) модель частинок Лагранжа (напр., CALPUFF [7]) - модель розбиття хмари викидів НХР на велику кількість дрібних частинок, які рухаються незалежно один від одного, але в той же час їх рух залежить від трьох чинників: напрямок основного вітру, випадкові флуктуації в турбулентному потоці і дифузія. Дана модель може бути застосована для прогнозування розповсюдження НХР серед міської забудови;

4) модель ящика (box-model) описує модельовану область у вигляді однорідного ящика. Дана модель зазвичай застосовується для вирішення фотохімічних завдань;

5) модель сітки Ейлера (напр., MIMO [8]) - модель, в якій навколишнє середовище представляється у вигляді тривимірної сітки, в кожному осередку якої параметри навколишнього середовища розподілені рівномірно. Як і модель Лагранжа враховує рельєф і складні перепони, і також може бути застосована для моделювання поширення НХР в умовах міської забудови;

6) моделі обчислювальної гідродинаміки, в яких використовуються закони збереження маси, енергії, імпульсу, а також закони турбулентного потоку (в основному, Навьє - Стокса) в різних модифікаціях. Застосування даних моделей дозволяє отримати дуже точні дані (широко застосовуються для моделювання

повітряних потоків біля крила літака, різних деталей турбін), проте для моделювання потрібно багато часу і точна інформація про параметри навколишнього середовища в різних ділянках досліджуваної області.

Кожен тип моделі має свої переваги і недоліки, але як показала практика, найбільш ефективними для умов міської забудови можуть бути моделі Лагранжа, Ейлера та обчислювальної гідродинаміки. Моделі частинок Лагранжа використовують частіше, порівняно з моделями Ейлера, через свою наочність і більш спрощене подання. Моделі ж обчислювальної гідродинаміки вимагають точні дані, а також їх обчислення займають багато часу, що неприпустимо у випадках необхідності оперативного реагування на НС.

Перераховані вище моделі здатні забезпечити лише наближену картину розподілу концентрацій НХР через спрощення, введення додаткових обмежень в аналітику моделей зважаючи на відсутність можливості врахування великої кількості параметрів навколишнього середовища, а також недостатньою ефективністю сучасних обчислювальних засобів виробляти оперативні точні розрахунки, що враховують постійно мінливі умови навколишнього середовища . Також перераховані моделі покладені в основу спеціалізованих ІТ формування рішень в умовах НС в частині обробки даних. Інші етапи даних ІТ, і насамперед етап збору даних, реалізується на основі моніторингу поточного стану навколишнього середовища.

Неодмінним атрибутом існуючих ІАС НС є блок моніторингу, що надає дані про стан довкілля. Даний блок являє собою мережу газоаналізаторів (стаціонарного і переносного типу) з набором датчиків, які виробляють виміри рівнів концентрацій НХР і передачу значень в цифровому вигляді в центри первинної обробки інформації (ЦПОІ). У ЦПОІ відбувається обробка даних, отриманих з системи моніторингу, і подальше уточнення загальної картини розподілу рівнів концентрацій НХР в зоні НС.

В [9] описаний метод корекції значень концентрацій, спрогнозованих аналітичною моделлю, на підставі даних моніторингу шляхом застосування регресійного аналізу.

Застосування вищеописаного методу дозволяє отримати уточнені дані про стан поточної і прогнозованої картини розподілу концентрацій у тривимірній зоні НС.

2.2 Постановка задачі формування рішень з організації заходів щодо евакуації населення із зони НС

Задача формування рішень на змістовному рівні описується наступним чином:

Вихідні дані:

- векторна 3-D карта місцевості, в якій відображені рельєф і забудова;

- ідентифікаційна та прогнозна узагальнена інформація про стан довкілля в зоні техногенної НС;

- інформація про доступні ресурсах для евакуації населення із зони техногенної НС.

У результаті рішення необхідно отримати:

- рекомендаційні рішення щодо евакуації населення із зони техногенної НС.

Представлені вище аналітичні моделі мають межу своєї функціональності - вони можуть лише отримати свідчення концентрацій НХР в різних точках тривимірного простору в зоні НС. Однак на увазі кількох причин (неформалізовані, слабоструктуровані знання для формування рішень щодо евакуації населення тощо) для організації заходів з евакуації населення із зон НС необхідна система зі знанняорієнтованим (із застосуванням засобів штучного інтелекту) підходом до вирішення завдань.

Серед традиційних засобів штучного інтелекту можна виділити основні [10, 11]:

1) штучні нейронні мережі (ШНМ). ІНС згідно [12] - це розподілений паралельний процесор, що складається з елементарних одиниць обробки інформації, що накопичують експериментальні знання і надають їх для подальшої обробки. ІНС застосовуються для вирішення наступних завдань [10-12]: розпізнавання і класифікація образів, обробка сигналів, управління, прогнозування, пошук прихованих залежностей, стиснення даних, кластеризація і т.д .;

2) генетичні алгоритми (ГА) - це підхід до навчання на основі паралелізму, спільної взаємодії і бітового представлення [10, 11]. Основні завдання, які вирішуються ГА: оптимізація та апроксимація функцій, рішення задач на графах, настройка ваг ІНС;

3) мультиагентна система (МАС) - обчислювальна програма, блоки вирішення завдань якої розташовані в деякому середовищі, і кожен з них здатний до гнучких, автономних дій, спрямованих на певні цілі [10]. Існує безліч областей, де доцільно використовувати МАС: виробництво, автоматичне управління, телекомунікації, транспортні системи, електронна комерція і т.п .;

4) експертні системи (ЕС) - такі засоби штучного інтелекту, які використовуючи знання експертів у певній галузі, отримують результати, які не поступаються за якістю й ефективністю рішенням, які одержані експертами [13]. ЕС є надійним засобом вирішення наступних завдань в різних напрямках (медицина, математика, хімія, машинобудування, обчислювальна техніка тощо) [10]: інтерпретація, прогнозування, діагностика, проектування, планування, управління, інструктування і т.п.

Серед зазначених вищезасобів для вирішення завдання організації заходів можна в теоретичному плані застосовувати ІНС, агентів і ЕС. При виборі засобів слід враховувати наступні характерні особливості поставленої задачі:

- ризик прийняття неправильного рішення вимагає наявності та впливу досвіду людини-експерта в даній області;
- обширна класифікація ситуацій;
- розмірність задачі надзвичайно велика;
- потрібно формувати ланцюжок пояснень.

Не всі з перерахованих вище особливостей можуть врахувати ІНС, тому що вони позбавлені підсистеми пояснень, крім того, велика розмірність задачі спричинить величезні часові витрати, несумісні із припустимими витратами часових ресурсів.

Експертні системи за своєю природою відстежують свої міркування і виводять проміжні рішення, а також розмірковуючи евристично, отримують корисні рішення з недосконалих знань. Серед усіх ЕС варто виділити саме динамічні ЕС (ДЕС) - ЕС, які мають у своєму складі підсистему, пов'язану із зовнішнім світом, і дозволяє враховувати динамічно-змінні параметри [13]. В умовах техногенної НС саме ДЕС і підходять для формування рішень-рекомендацій з організації евакуації населення із зони НС, т.к. необхідно постійно враховувати такі параметри, як постійно змінюється карта розподілу концентрацій НХР, розподіл рятувальних сил і т.д.

Таким чином, для вирішення завдання формування рішень-рекомендацій з організації евакуаційних заходів доцільно використовувати такий засіб ШІ, як динамічна експертна система.

3. Інформаційна технологія підтримки прийняття рішень з організації евакуаційних заходів

Реалізація сформульованих в попередніх двох рубриках завдань може бути здійснена в рамках ІТ, яка схематично представлена на рис. 1. З рис. 1 видно, що ключовими етапами ІТ є етапи прогнозування розподілу концентрацій НХР в зоні НС і формування рішень по організації евакуації населення із зони НС.

Ці етапи повинні здійснюватися послідовно тому що, результати одного етапу є вхідними даними для другого етапу. У той же час для реалізації першого етапу доцільно використовувати аналітичні моделі, а для другого - знанняорієнтовані.

4. Приклад опису ситуації дій рятувальних підрозділів по евакуації населення із зони ураження НХР

Процес організації заходів представлений на рис. 2. Умовні позначення: p_1^{AD} – доставка сил і засобів в певну зону НС; p_2^{AD} – евакуація населення; p_3^{AD} – збір сил і засобів; p_4^{AD} – доставка евакуйованого населення в евакуаційні приміщення; p_5^{AD} – прийом евакуаційного населення в пункти евакуації; $®_{z1}^{AD_1}$ - умова: чи є вільні ресурси для евакуації в оперативному підрозділі AD_1; $®_{z2}^{AD_1}$ - вільна умова: (чи є вільні ресурси для евакуації в оперативному підрозділі AD_1) і (чи є в евакуаційних пунктах вільні місця); $®_{z3}^{AD_1}$ - умова: чи є ще населення в зоні ризику ураження; $®_{z1}^{AD_2}$ - вільна умова: (чи є вільні ресурси для евакуації в оперативному підрозділі AD_2) і (чи є в евакуаційних пунктах вільні місця).

Даний процес в термінах ясу записується так:

$$(p_1^{AD_1} r_7 p_2^{AD_1}) \cup (p_2^{AD_1} r_7 p_3^{AD_1}) \cup (p_3^{AD_1} (®_1^{AD_1} \& ®_2) p_1^{AD_1}) \cup$$
$$\cup (p_3^{AD_1} r_7 p_4^{AD_1}) \cup (p_4^{AD_1} r_7 p_5^{AD_1}) \cup (p_5^{AD_1} ®_2 p_1^{AD_1});$$
$$(p_1^{AD_2} r_7 p_2^{AD_2}) \cup (p_2^{AD_2} r_7 p_3^{AD_2}) \cup (p_3^{AD_2} (\overline{®}_1^{AD_2}) p_4^{AD_2}) \cup$$
$$\cup (p_4^{AD_3} r_7 p_5^{AD_3}) \cup (p_5^{AD_2} ®_2 p_1^{AD_2}).$$

Рис. 1. Схематичне подання інформаційної технології підтримки прийняття рішень щодо евакуації населення із зони НС

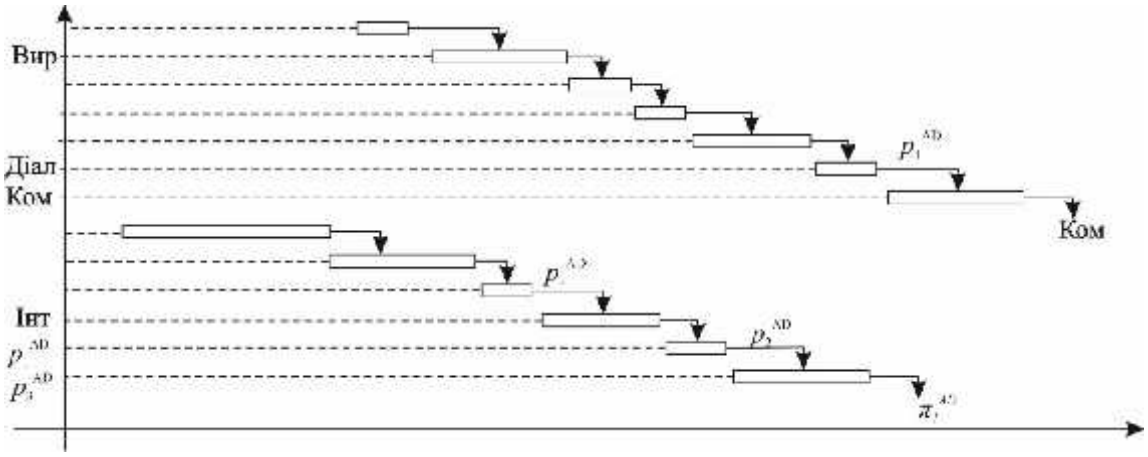

Рис. 2. Діаграма Ганта дій оперативних підрозділів по евакуації населення із зони НС

Висновки

1. Аналіз ІАС моделювання НС вказує на відсутність у них елементів евакуації людей та просування рятувальних підрозділів під час ведення оперативних дій.

2. Оскільки різна природа елементів об'єкта прийняття рішень впливає на інформатизацію процесів ліквідації НС то існує необхідність створення єдиного формального апарату уявлення різнорідних елементів. Такі елементи повинні бути суто технічними та живими.

3. Використання методу двоетапної обробки інформації, в знанняорієнтованій системі підтримки прийняття рішень, дозволяє отримати ідентифікаційну та прогнозовану узагальнену інформацію про стан довкілля в зоні техногенної НС, а також рекомендаційні рішення щодо евакуації населення із зони техногенної НС.

4. Запропонована інформаційна технологія ППР дозволяє прогнозувати розподіл концентрації НХР і формувати рішення керівнику ліквідації НС щодо ведення оперативних дій в зоні НС.

Список літератури

1. *Дзюндзюк Б.В., Хянникяйнен А.И., Швед В.Б. Катастрофы и чрезвычайные ситуации - Харьков: Форт, 1998.-120 с.*

2. *Закон України «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2000, N 40, ст.337).*

3. *Постанова «Про затвердження Порядку класифікації надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру за їх рівнями» (від 24 березня 2004 р. N 368).*

4. *Наказ «Про затвердження Класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій» (МНС, 22.04.2003 N 119)*

5. *Національний класифікатор ДК 019:2010 "Класифікатор надзвичайних ситуацій" (від 11.10.2010 N 457)*

6. *Про внесення змін до Порядку класифікації надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру за їх рівнями (від 2 квітня 2009 р. N 297)*

7. *Романов В.И. Прикладные аспекты аварийных выбросов в атмосферу – М.: Физматкнига, 2006. – 368 с.*

8. *ГОСТ Р 22.0.02-94 - Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий*

9. *ГОСТ Р 22.0.05-97 - Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения*

10. *ГОСТ Р 22.0.07-97 - Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров*

11. *Зайцев А.П. Чрезвычайные ситуации. Краткая характеристика и классификация – М.: ИЦ-Редакция «Военные знания», 2000.*

12. *Холмогоров Ю.П. Классификация ЧС – Самиздат, 2001 – электронный источник - http://zhurnal.lib.ru/h/holmogorow_j_p/n12.shtml*

13. *http://ru.wikipedia.org/wiki/Чрезвычайная_ситуация*

14. *Постанова Про Програму створення Урядової інформаційно-аналітичної системи з питань надзвичайних ситуацій на 1995 рік (від 7 квітня 1995 р. N 250)*

15. *http://www.kyiv-city.gov.ua – официальный сайт Института проблем регистрации информации Национальной академии наук Украины.*

16. *Ищук А.А., Колесниченко Ю.Ю. Разработка комплексных систем прогнозирования и мониторинга опасных явлений и ситуаций средствами ГИС и ДЗЗ в процессе создания Правительственной информационно-аналитической системы Украины по ЧС (ПИАС ЧС) – статья с http://giscenter.net.ua/ - Центр ГИС Аналитик*

17. *Постанова Кабінету Міністрів України від 3 серпня 1998 р. N 1198 "Про єдину державну систему запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру"*

18. U.S. Environmental Protection Agency - агентство федерального правительства США, отвечающее за защиту здоровья человека и окружающей среды [электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: http://www.epa.gov/

19. Borysiewicz M.J. Atmospheric dispersion modeling for emergency management / M.J. Borysiewicz, M.A. Borysiewicz. – Institute of Atomic Energy, 2006. – 88p.

20. Scire J. A user's guide for the CALPUFF dispersion model / J. Scire, D. Strimaitis, R. Yamartino. – Concord: Earth Tech, 2000. – 521p.

21. Ehrhard J. The microscale model MIMO: development and assessment / J. Ehrhard, I. Khatib, C. Winkler, R. Kunz // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. - 2000. – v. 85 – pp. 163-176.

22. Люгер Дж. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем: Пер. с англ. / Дж. Люгер. – М.: Вильямс, 2003. – 864с.

23. Бондарев В.Н. Искусственный интеллект / В.Н. Бондарев, Ф.Г. Аде. – Севастополь: СевНТУ, 2002. – 615с.

24. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс: Пер. с англ. / С. Хайкин. – М.: Вильямс, 2006. – 1104с.

25. Попов Э.В. Статические и динамические экспертные системы / Э.В. Попов, И.Б. Фоминых, Е.Б. Кисель, М.Д. Шапот. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 320с.

Поступила в редакцію 18.08.2014

Рецензент: д-р техн. наук, доц., проф. кафедри інженерії програмного забезпечення І.В. Шостак, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

О.Н. Мирошник

В статье рассматриваются проблемы информатизации процессов принятия решений во время чрезвычайных ситуаций техногенного характера. Предложено, для описания динамики распространения чрезвычайной ситуации, продвижение спасательных подразделений и изменения зоны поражения, применять модель с элементами подиевотемпыральной логики. Описанный метод двухэтапной обработки информации для знания ориентированных систем поддержки принятия решений в условиях техногенных аварий. Разработана структура информационной технологии поддержки принятия решений и приведенный пример действий спасательных подразделений по эвакуации населения из зоны поражения опасного химического вещества.

Ключевые слова: *зона поражения, информационная технология поддержки принятия решений, эвакуация населения, ситуационная модель.*

COMPUTER SUPPORT DECISION MAKING IN THE CONDITIONS OF TECHNOGENIC EMERGENCIES ON THE BASIS OF SITUATIONAL MANAGEMENT

O.M. Miroshnik

The article considers the problems of Informatization processes of decision making during emergency situations. Proposed to describe the dynamics of the distribution of the emergency, the promotion of rescue units and changes in the affected area, apply a model with elements potawottamicasinos logic. The described two-step method of information processing for knowledge based systems to support decision making in the conditions of technogenic accidents. The structure of information technologies for decision support and provides an example of action and rescue units evacuating people from affected area hazardous chemicals.

Keywords: *the affected area, information technology, decision support, evacuation, situational model.*