

Р. І. Коваленко¹, к.т.н., доц. каф. (ORCID 0000-0003-2083-7601)

А. Я. Калиновський¹, к.т.н., доцент, нач. каф. (ORCID 0000-0002-1021-5799)

Б. І. Кривошей¹, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID 0000-0002-2561-5568)

Г. М. Коротенко², д.т.н., доцент, проф. каф. (ORCID 0000-0003-3774-5260)

¹Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

²Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ СТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Розглянуто процес функціонування інформаційних систем для підтримки прийняття рішень керівництвом з ліквідації надзвичайної ситуації. Визначені основні переваги та недоліки відомих інформаційних систем. Встановлено, що жодна із проаналізованих систем не забезпечує повної інформаційної підтримки під час прийняття рішень керівництвом з ліквідації надзвичайної ситуації щодо розмірів необхідної гуманітарної допомоги постраждалому населенню та можливих способів доставки цих вантажів. Визначено функціональні можливості вказаної раніше інформаційної системи, зокрема, додано функцію, яка допомагає у вирішенні питань з надання гуманітарної допомоги постраждалому населенню. Удосконалена логічна архітектура інформаційної системи підтримки прийняття рішень під час ліквідації надзвичайної ситуації, яка складається з чотирьох баз даних, бази знань, модуля прийняття рішень та модуля геоінформаційної системи. База знань інформаційної системи має алгоритм, який дозволяє визначити товарно-номенклатурну структуру партій гуманітарного вантажу, а також їх розміри. За умов незначного пошкодження дорожнього покриття та мостів можливий варіант доставки вантажів автомобільним транспортом, а за умов їх значного руйнування авіаційним транспортом. Модуль прийняття рішення спершу оцінює можливість доставки вантажу автомобільним транспортом, як альтернативу авіаційному, що у підсумку дозволяє скоротити витрати по наданню гуманітарної допомоги постраждалому від надзвичайної ситуації населенню. Запропоновано застосування способу змішаних перевезень під час доставки партій гуманітарного вантажу. Оцінено ефективність та встановлено, що при способу прямих перевезень гелікоптером час доставки є більш як на 31 % меншим ніж під час змішаних перевезень. При цьому, витрата палива при змішаних перевезеннях є майже на 75 % меншою ніж під час прямих перевезень із застосуванням гелікоптеру.

Ключові слова: аварійно-рятувальне формування, інформаційна система, гуманітарна допомога, надзвичайна ситуація, небезпечна подія

1. Вступ

Надзвичайні ситуації (НС), які виникають на території країни завдають значних матеріальних збитків державі та населенню, а також часом спричиняють травмування і загибель людей. Впродовж останніх років зростає кількість НС техногенного характеру, що пов'язано зі збільшенням кількості пожеж і вибухів, а також аварій в системах життєзабезпечення та раптового руйнування будівель і споруд. Крім цього, спостерігається збільшення НС природного характеру причиною появи яких є ускладнення погодних умов, а саме тривалі зливи, які сприяли виникненню швидкоплинних паводків на заході країни. Державою, органами місцевої влади, волонтерами та співробітниками ДСНС України постраждалим від наслідків вказаних НС надавалася допомога різного характеру, зокрема, гуманітарна. Гуманітарна допомога полягала у забезпеченні постраждалого населення питною водою, продуктами харчування, одягом та іншим. Процес надання вказаної допомоги ускладнювався тим, що між населеними пунктами частково або повністю було зруйноване дорожнє покриття, а також мости. Тривалим також був процес збору інформації про кількість потерпілих та характер пошкоджень їх майна, що необхідно було для формування

необхідної номенклатури та об'єму партій гуманітарного вантажу з метою його подальшої відправки у постраждалі райони. Частина ресурсів таких як, наприклад, питна вода та продукти харчування з часом закінчувалися у населення і це потребувало відправки повторних партій цих вантажів, що в окремих випадках відбувалося із певною затримкою. Відповідно під час організації життєзабезпечення постраждалого населення матеріальними ресурсами виникають проблеми, які пов'язані з руйнуванням шляхів руху, недостатньою інформаційною підтримкою і точністю визначення номенклатури, розмірів та часу відправлення гуманітарних вантажів.

Таким чином, актуальною проблемою є забезпечення належної інформаційної підтримки під час організації життєзабезпечення постраждалого від наслідків НС населення.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Інформаційні системи різного призначення мають місце в процесі функціонування аварійно-рятувальних формувань (АРФ). Не зважаючи на велику кількість цих систем для забезпечення діяльності АРФ мало з них дозволяють організувати чітку взаємодію між різними службами в процесі ліквідації НС [1]. Відповідно при цьому знижується ефективність заходів, які проводяться, тому науковий напрямок створення таких систем згідно [1] вважається актуальним. Згідно [2] використання інформаційних систем під час ліквідації НС значно спрощує процес координації дій сил та засобів, а також планування відповідних заходів.

Згідно [3] під час розробки інформаційних систем повинно забезпечуватись єдине спільне інформаційне поле для всіх учасників, які залучаються до прийняття управлінських рішень. Кожному з учасників повинна надаватись інформація необхідна для виконання конкретного напрямку роботи за який той відповідає, для того щоб не перевантажувати їх зайвою інформацією, але у випадку необхідності всі учасники повинні мати повний швидкий доступ до загальної інформації. На сьогодні спеціалізовані інформаційні системи допомагають переважно виконувати лише певні напрямки робіт, тобто мають обмежений функціонал. Натомість однієї комплексної інформаційної системи, яка б дозволяла володіти інформацією про всі аспекти ліквідації НС, що відбулася для керівництва з ліквідації поки немає.

Під час створення цих систем застосовуються різноманітні наукові підходи [4]. У роботі [4] досліджено процес спільної взаємодії різних служб під час ліквідації НС. На основі цього дослідження було запропоновано рекомендації для розробки інформаційної системи, яка дозволяє забезпечити необхідною інформацією керівництво з ліквідації наслідків НС. Інформаційна система повинна складатися з ряду кейсів по вирішенню певних завдань але конкретних методологічних підходів або алгоритмів в роботі [4] наведено не було.

В дослідженнях [5] було запропоновано підхід до визначення необхідної чисельності сил та засобів з метою подальшої їх відправки до місця ліквідації пожежі, який ґрунтувався на основі методів нейромережевого прогнозування. Метод нейромережевого прогнозування має ряд вагомих недоліків, що обмежує його використання в діяльності підрозділів АРФ. Дані недоліки пов'язані зі стохастичним характером надходження потоку викликів до АРФ. Процес навчання нейронної мережі відбувається при використанні статистики викликів

підрозділів за минулі періоди але з часом оперативна обстановка в населеному пункті має властивість змінюватися. Відповідно точність отриманого прогнозу із застосуванням цієї нейронної мережі через певний час знизиться, що спричинить значні похибки під час розрахунку необхідної кількості особового складу та матеріальних ресурсів необхідних для відправки до місця проведення оперативних робіт.

В роботі [6] проаналізовано принцип роботи інформаційної системи «FDWithoutFire», яка призначена для збору оперативної інформації про стан лісових пожеж, що дозволяє ефективно розподілити наявні сили та засоби АРФ на території населеного пункту з метою подальшого їх залучення до пожежогасіння. Збір оперативної інформації в інформаційній системі побудований на основі краудсорсингу. Суть краудсорсингу полягає у добровільній участі громадян у формуванні інформаційних повідомлень, які далі передаються в інформаційну систему. Переважно це свідомі громадяни, котрі на безоплатній основі періодично ведуть спостереження за оперативною обстановкою і надають дані про неї до інформаційної системи. Зацікавленість їх полягає у тому, що лісова пожежа, яка виникає може завдати збитків їх майну, а тому швидке реагування АРФ на такі ситуації може запобігти цьому. Інформаційна система здатна об'єднувати повідомлення, які територіально надходять з одного району населеного пункту з метою зібрання більш повної інформації про ситуацію, яка склалася та формування звіту. Таким чином, основною функцією цієї системи є моніторинг та збір інформації про оперативну обстановку в районі обслуговування АРФ. Окремих блоків для формування рекомендацій щодо визначення необхідного обсягу допомоги постраждалому населенню або кількості сил та засобів для проведення оперативних робіт в цій системі не передбачено.

Згідно [7] краудсорсинг може бути використаний для збору інформації про стан дорожнього покриття та загальної ситуації на дорогах з метою наступної передачі її до оперативно-диспетчерської служби АРФ. Реалізувати збір необхідної інформації можливо буде за допомогою встановлення спеціального мобільного додатку в смартфон, що дозволить кожному громадянину заповнивши відповідну форму надіслати її для подальшої обробки до інформаційної системи. Отримані дані через інформаційну систему можуть бути використані АРФ для формування найбільш коротких маршрутів руху до місця НС з урахуванням часу прибуття. Поряд з цим згідно [8], застосування краудсорсингу з метою збору даних для інформаційної системи пов'язано з виникненням певних проблем, а саме: можливе перевантаження системи і тому не всі повідомлення можуть бути швидко опрацьованими; до системи можуть надходити повідомлення з сумнівною достовірністю; інформаційна система може не приймати повідомлення від окремих месенджерів. З метою перевірки достовірності повідомлень інформаційна система повинна володіти окремим блоком, який би міг перевіряти однакову інформацію, що отримана з різних джерел з метою встановлення її співставлення і перевірки достовірності. В роботі [9] саме запропоновано алгоритм, який дозволяє здійснювати перевірку та співставлення повідомлень, які надходять із соціальних мереж з метою визначення достовірної оперативної інформації та місця виникнення НС. Вказаний алгоритм може входити до складу блоку обробки та приймання даних інформаційною системою, тобто лише як її доповнення.

В роботі [10] моніторинг за оперативною обстановкою на об'єктах

пропонується проводити шляхом відео спостереження, що дозволяє отримувати достатньо надійну інформацію на відміну від краудсорсингу. Проблемою такого способу моніторингу є значна вартість встановлення системи відео спостереження, а також проблема одночасного опрацювання великої кількості отриманих даних. В системі, яка запропонована в роботі [9] інформаційна підтримка під час проведення оперативних робіт підрозділами АРФ обмежується тим, що у її базі даних міститься детальна інформація про характеристику небезпек об'єктів за якими проводиться відео спостереження.

В роботі [11] було розроблено структуру та програмне забезпечення для автоматизованої системи управління АРФ, яку планувалося впровадити в роботу оперативно-диспетчерської служби. До складу цієї системи входить модуль геоінформаційної системи та модуль підтримки прийняття рішень. Автоматизована система управління містить дві бази даних та одну базу знань. В першій базі даних міститься інформація про чисельність, місця дислокації та райони виїздів АРФ, а в другій оперативні дані про НС та небезпечні події, які виникають на території населеного пункту. Модуль геоінформаційної системи та модуль підтримки прийняття рішень дозволяють визначати необхідну кількість сил і засобів для ліквідації НС або небезпечної події та визначати підрозділи з яких будуть направлятися ці сили і засоби найкоротшими маршрутами. Дані щодо виникнення НС або небезпечних подій до оперативно-диспетчерської служби надходять від заявників за допомогою засобів телефонного зв'язку. Процедура перевірки достовірності отриманих даних в системі не передбачено. Крім цього, не було враховано можливі затримки сил та засобів під час прямування до місця виконання оперативних робіт, які можуть бути викликані руйнуванням дорожнього покриття та мостів. Модуля для визначення потреби у наданні гуманітарної допомоги з метою життєзабезпечення постраждалого населення в системі передбачено також не було.

Таким чином, всі розглянуті інформаційні системи мають деякі недоліки, які певним чином обмежують їх застосування. Невирішеною частиною проблеми є відсутність у відомих інформаційних системах підтримки прийняття рішень алгоритму, який дозволяє визначати розміри необхідної гуманітарної допомоги постраждалому населенню та можливі способи доставки цих вантажів.

3. Мета та завдання дослідження

Метою дослідження є удосконалення структури інформаційної системи підтримки прийняття рішень штабом з ліквідації надзвичайної ситуації шляхом додавання алгоритму для визначення потреби постраждалого населення у вантажах гуманітарного призначення.

З метою досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- 1) визначити необхідні функціональні можливості інформаційної системи підтримки прийняття рішень штабом ліквідації надзвичайної ситуації та розробити алгоритми її роботи;
- 2) розробити логічну архітектуру інформаційної системи підтримки прийняття рішень штабом ліквідації надзвичайної ситуації.

4. Визначення функціональних можливостей інформаційної системи та розробка алгоритмів роботи

За основу для подальшого удосконалення обрано інформаційну систему, яка була запропонована раніше в роботі [11].

Інформаційна система повинна забезпечувати збір оперативної інформації від заявників через засоби телефонного зв'язку та інтернет-месенджери. Отримана інформація повинна бути оброблена. Обробка інформації полягає у її систематизації та співставленні з іншою інформацією, яка територіально отримана з того ж району, що необхідно для перевірки достовірності повідомлень. Повідомлення повинні бути розділені на дві групи:

– перша група – повідомлення про виникнення НС або небезпечної події, яка загрожує життю людей, що потребує негайної відправки сил та засобів з підрозділу АРФ для проведення оперативних робіт;

– друга група – повідомлення про необхідність надання гуманітарної допомоги з метою життєзабезпечення постраждалого населення. В повідомленнях повинна бути інформація про кількість постраждалих та необхідні види матеріальних ресурсів, які їм необхідні.

В інформаційній системі повинна міститися оперативна інформація про чисельність та місця дислокації АРФ, а також наявні в них сили та засоби і закріплені райони виїзду.

З урахуванням того, що надання гуманітарної допомоги проводитиметься за рахунок місцевих бюджетів та держави, повинна бути створена база даних про підприємства і торгівельні об'єкти, яка має містити відомості про місця їх розміщення, наявність у них певних номенклатурних груп товарів та їх вартість.

В окремій базі даних повинна міститися інформація про наявність і місця дислокації автомобільного та авіаційного транспорту, який може бути залучений для доставки гуманітарних вантажів до постраждалих районів.

Після отримання інформації про необхідну номенклатуру товарно-матеріальних ресурсів необхідно виконати їх поділ із застосуванням АВС-аналізу на групи А, В та С. Критерієм для поділу на відповідні групи А, В та С є кількість запитів серед населення. Позиції товарно-матеріальних ресурсів, які мають найбільшу кількість запитів серед населення необхідно буде віднести до групи А, середню кількість запитів до групи В, а найменшу – до групи С. Згідно [12] в сучасному підході до проведення АВС-аналізу не існує єдиного суворого правила стосовно виділення меж класифікаційних груп АВС, тобто межі груп можуть варіюватися. Виходячи з цього спеціалісти по управлінню запасами часто для виділення меж класифікаційних груп АВС використовують метод експертних оцінок. Відношення товарно-матеріального ресурсу до тієї чи іншої групи визначатиме черговість його відправки у постраждалі райони. З метою врахування стабільності попиту можна буде використати інший підхід, який полягає у застосуванні XYZ-аналізу.

При проведенні XYZ-аналізу алгоритм його виконання складається з наступних етапів:

- а) визначення коефіцієнтів варіації для аналізованих ресурсів;
- б) групування ресурсів у відповідності зі зростанням коефіцієнта варіації;
- в) розподіл по категоріям X, Y, Z.

Для отримання кількісної оцінки характеристики споживання при проведенні XYZ-аналізу користуються статистичним рядом відвантажень. В

класичному варіанті XYZ-аналізу показником, який описує потребу в запасі, являється коефіцієнт варіації (V), який є відношенням значення середньоквадратичного відхилення ряду до середньоарифметичного значення і розраховується за наступною формулою:

$$V = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2}{n}}}{\bar{a}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де a_i – i -й елемент вибірки, \bar{a} – середнє арифметичне вибірки, n – обсяг (розмір) вибірки.

Під час поділу товарно-матеріальних ресурсів на групи X, Y та Z, як і при проведенні ABC-аналізу, може бути застосований метод експертних оцінок. Спільне використання цих двох методів дозволяє виконати групування товарно-матеріальних ресурсів з урахуванням рівня та стабільності попиту.

Визначення необхідної кількості товарно-матеріальних ресурсів може бути проведено або за фактичною потребою або з урахуванням певних норм споживання. Важливо забезпечувати в базі даних інформаційної системи зберігання розмірів партій кожного вантажу при кожній відправці та подальші запити населення на цю номенклатуру товарно-матеріальних ресурсів, що дозволить, при необхідності, здійснити корективи у розмірах наступних партій вантажів по відповідній номенклатурі.

Необхідну кількість i -го виду товарно-матеріальних ресурсів (P_i), у випадку застосування методу визначення потреби з урахуванням попередньо встановлених норм споживання, можна розрахувати із застосуванням наступної формули:

$$P_i = N_i \cdot n_i \cdot \tau, \quad (2)$$

де N_i – добова норма забезпечення i -м видом товарно-матеріального ресурсу однієї людини на день; n_i – чисельність людей, які підлягають відповідному матеріальному забезпеченню, чоловік; τ – тривалість періоду проведення оперативних робіт АРФ, днів.

Оптимальний розмір замовлення (Q_i) i -го виду товарно-матеріального ресурсу буде визначатися за наступною формулою:

$$Q_i = \sqrt{\frac{2 \cdot A_i \cdot P_i}{I_i}}, \quad (3)$$

де A_i – витрати, які пов'язані з виконанням одного замовлення (виражені у грошовому еквіваленті), у.о.; I_i – витрати, які пов'язані з утриманням одиниці запасу на складі (виражені у грошовому еквіваленті), у.о.

Важливо при розміру партії відповідного виду товарно-матеріального ресурсу враховувати також певний страховий запас (Z_p), який можна визначити за наступною формулою:

$$Z_{P_i} = N_i \cdot n_i \cdot \tau_{\text{зт}}, \quad (4)$$

де $\tau_{\text{зт}}$ – час затримки доставки відповідного товарно-матеріального ресурсу, днів.

Затримка доставки відповідного товарно-матеріального ресурсу може бути пов'язана з очікуванням його надходження на склад підприємства або об'єкту торгівлі на етапі формування чергової партії, а також на етапі прямування його до постраждалих районів.

В кінці необхідна кількість товарно-матеріальних ресурсів певного виду з урахуванням розміру страхового запасу (P_{MP_i}) може бути розрахована за наступною формулою:

$$P_{MP_i} = Q_i + Z_{P_i}, \quad (5)$$

Важливим питанням є також визначення необхідної чисельності транспорту для доставки всього об'єму вантажу.

У випадку використання гелікоптерів для доставки партій вантажу до постраждалих районів необхідно буде враховувати їх вантажопідйомність, габаритні розміри вантажу та внутрішні розміри фюзеляжу.

У випадках можливості доставки вантажу вантажними автомобілями, які мають кузов закритого типу максимальний економічний ефект буде досягатись за умови найбільш повного використання його вантажомісткості. Критерієм використання вантажомісткості вантажного автомобіля є рівень його завантаженості по масі та об'єму, який характеризується статичним коефіцієнтом використання вантажопідйомності (δ_c), коефіцієнтом використання об'єму кузова (δ_v), а також його питомою об'ємною вантажопідйомністю ($\delta_{п.в}$). На значення коефіцієнтів δ_c та δ_v вводяться обмеження, які полягають у неможливості допущення перевантаження автомобіля і розміщення вантажу за габаритами кузова, тому:

$$\delta_c \leq 1,1, \quad (6)$$

$$\delta_v \leq 1. \quad (7)$$

Час доставки вантажу до постраждалих районів у випадку, якщо дорожнє покриття та мости на маршруті руху знаходяться у задовільному стані можна оцінити за наступною формулою:

$$\tau_d = \tau_{\text{з.в}} + \frac{S}{V_{\text{ср}}}, \quad (8)$$

де $\tau_{\text{з.в}}$ – час виконання навантажувально-розвантажувальних операцій, годин; S – дистанція між пунктом відправки та пунктом прибуття, км; $V_{\text{ср}}$ – середня швидкість руху автомобіля, км/год.

У випадку часткового порушення цілісності дорожнього покриття та мостів на маршруті руху необхідно буде провести їх попередню інженерну підготовку з

метою забезпечення проїзду автомобільного транспорту. В таких випадках час доставки зростає і необхідним буде врахування часу подолання підйомів та спусків ($\tau_{п.с}$), часу подолання водних перешкод ($\tau_{в.п}$) та часу подолання частково зруйнованих ділянок дорожнього покриття ($\tau_{з.д}$). З урахуванням цього орієнтовний час доставки буде становити:

$$\tau_{д}^o = \tau_{з.в} + \frac{S}{V_{ср}} + \tau_{п.с} + \tau_{в.п} + \tau_{з.д}. \quad (9)$$

Розрахунок часу доставки вантажу необхідний для визначення необхідної чисельності вантажних автомобілів з урахуванням темпів споживання товарно-матеріальних ресурсів в постраждалих районах.

Важливе значення для визначення масштабів зон руйнувань, шляхів руху та місць в які повинні бути направлені сили та засоби для надання допомоги мають геоінформаційні системи (ГІС).

В роботі для програмної реалізації пропонується ГІС-орієнтоване web застосування.

Застосування модуля ГІС дозволить також візуалізувати на картах ділянки доріг з пошкодженим покриттям і визначитись з місцями на території постраждалих районів, куди необхідно буде відправляти партії гуманітарних вантажів гелікоптером через відсутність можливості дістатись туди автомобільному транспорту (рис. 1).



Рис. 1. Фрагмент карти модуля ГІС

На рис. 1 наведено фрагмент карти де відображено стан дорожнього покриття під час паводку на території населеного пункту. Червоним позначено ділянки доріг по яким неможливий проїзд автомобільного транспорту, а зеленим – де можливий. Маючи таку інформацію можна визначити можливий спосіб доставки

гуманітарного вантажу до постраждалого населеного пункту. Враховуючи те, що здійснити доставку вантажу автомобільним транспортом не можливо, було розглянуто два можливих способи перевезення:

1) пряма доставка вантажу гелікоптером від пункту завантаження (пункт 0) до пункту розвантаження (пункт 2);

2) доставка вантажу від пункту завантаження (пункт 0) через проміжний пункт (пункт 1) до пункту розвантаження (пункт 2) різними видами транспорту (змішане перевезення).

У випадку доставки вантажу другим способом перевезення здійснюється спершу автомобільним транспортом від пункту 0 до проміжного пункту (пункт 1) по ділянкам доріг де можливий проїзд. Після цього в пункті 1 здійснюється перевантаження вантажу у гелікоптер і наступна доставка до пункту розвантаження (пункт 2) здійснюється цим повітряним транспортом.

Перевірка можливого ефекту при виборі одного із двох можливих способів доставки здійснювалася за двома критеріями до яких належать час доставки та затратений об'єм палива. Транспортними засобами є гелікоптер Ми-8МТ та вантажний автомобіль КамАЗ-43101, які перебувають на оснащенні підрозділів ДСНС України.

За результатами проведеної оцінки було встановлено, що при виборі 1-го способу перевезення час доставки є більш як на 31 % меншим ніж під час вибору 2-го способу. В той же час, витрата палива при виборі 2-го способу доставки є майже на 75 % меншою ніж при 1-му способі.

5. Розробка логічної архітектури інформаційної системи

Інформаційна система складається з чотирьох баз даних, бази знань, модуля прийняття рішень та модуля ГІС. Запропонована удосконалена архітектура інформаційної системи наведена на рис. 2.

До складу інформаційної системи повинно входити чотири бази даних:

- база даних 1 – в якій розміщуються повідомлення про виникнення НС, небезпечних подій та необхідну матеріальну допомогу населенню;
- база даних 2 – містить характеристику підрозділів АРФ;
- база даних 3 – містить актуальну інформацію про номенклатуру та кількість товарів, що зберігаються на підприємствах і об'єктах торгівлі;
- база даних 4 – містить інформацію про наявний автомобільний та авіаційний транспорт, який може бути задіяний для доставки вантажів.

В базі знань розміщуються методи та алгоритми, які дозволяють визначати:

- необхідну кількість сил та засобів для залучення до проведення оперативних робіт з урахуванням вимоги щодо мінімального часу їх прибуття до місця виклику;
- необхідні види та кількість товарно-матеріальних ресурсів з метою їх подальшої відправки до постраждалих районів;
- чисельність та види транспорту, який залучається до процесу доставки вантажів.

Основними функціями модуля прийняття рішень є проведення розрахунків та формування звітів по методам та алгоритмам, які містяться в базі знань з відбором та використанням необхідних значень величин з баз даних.

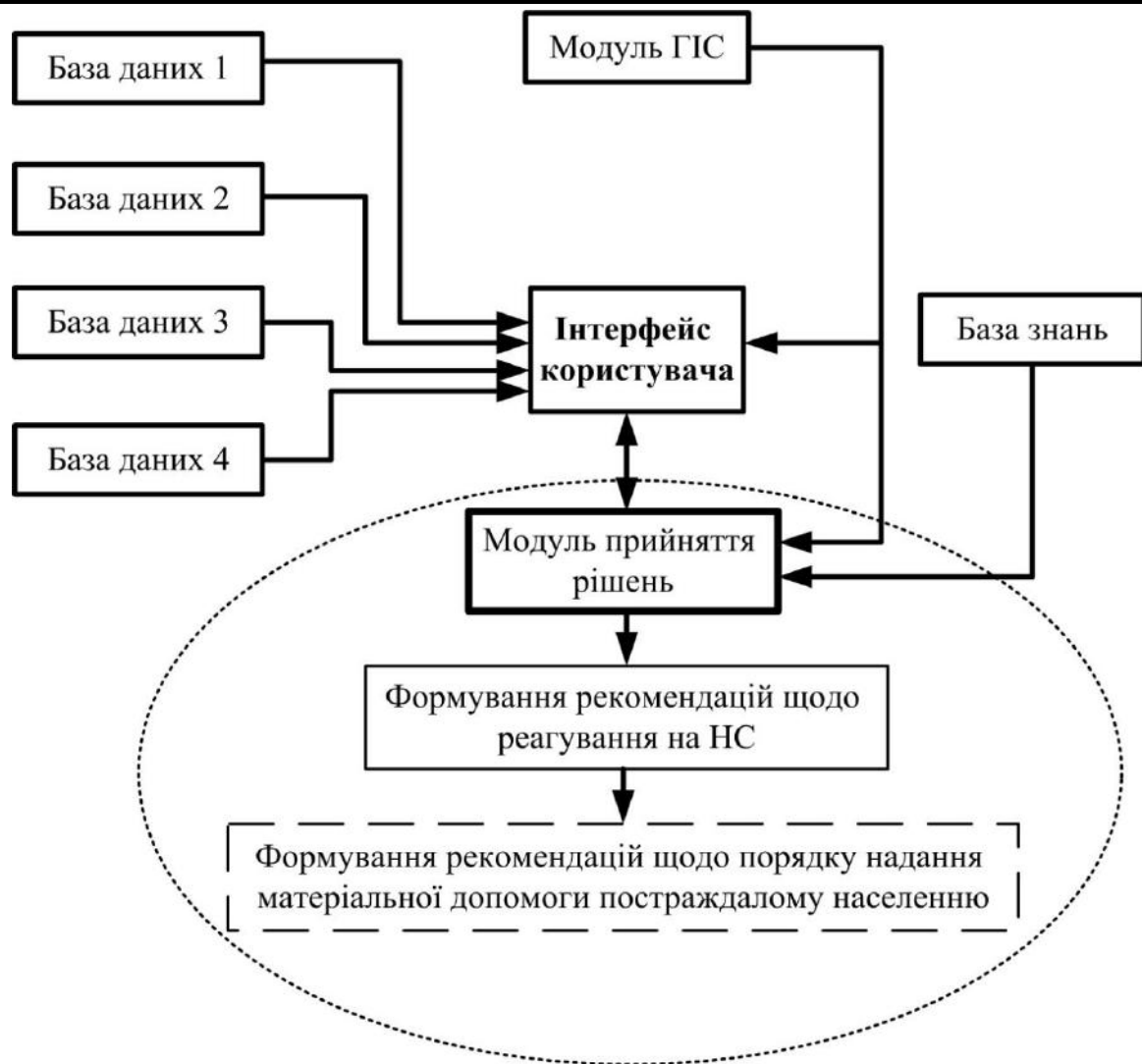


Рис. 2. Удосконалена архітектура інформаційної системи

Окремим модулем, який є інтегрованим в інформаційну систему є модуль ГІС, який дозволяє: визначати довжини маршрутів руху по вулично-дорожній мережі; визначати ділянки дороги де проїзд автотранспорту може бути ускладненим або неможливим; визначати межі та площу постраждалих районів та ін.

6. Обговорення результатів дослідження

В дослідженні на основі аналізу літературних джерел було визначено основні тенденції розвитку інформаційних систем, які застосовуються для забезпечення підтримки прийняття рішень під час ліквідації НС, а також встановлені їх основні переваги та недоліки.

Встановлено, що більшість з відомих інформаційних систем не дозволяють визначити потребу постраждалого від НС населення у необхідних матеріально-технічних ресурсах. Крім цього, під час побудови методів та алгоритмів роботи цих систем не враховуються відомі підходи транспортної та складської логістики, які дозволяють мінімізувати витрати пов'язані формуванням та відправкою гуманітарних вантажів.

Запропонована в цій роботі удосконалена логічна архітектура інформаційної системи, а також алгоритми роботи її окремих блоків дозволяють спростити процес прийняття рішення керівництвом з ліквідації НС та скоротити розміри збитків.

Інформаційна система дозволяє приймати альтернативні рішення під час вибору виду транспорту для доставки гуманітарного вантажу до постраждалих районів. За умов незначного пошкодження дорожнього покриття та мостів можливий варіант доставки вантажів автомобільним транспортом, а за умов їх значного руйнування авіаційним транспортом.

Маючи дані про стан дорожнього покриття можливим є також застосування змішаних перевезень під час доставки партій гуманітарних вантажів. За результатами проведеної оцінки було встановлено, що у випадку використання змішаних перевезень дозволяється значно скоротити витрати палива але при цьому загальний час доставки буде більшим. Відповідно під час вибору способу перевезення необхідно враховувати рівень необхідності вантажу та темпи його споживання у постраждалих районах.

Невирішеною проблемою під час застосування інформаційної системи залишається процес перевірки достовірності інформації про стан дорожнього покриття, яка надходить від населення, що потребує проведення подальших досліджень.

7. Висновки

1. Визначено функціональні можливості інформаційної системи для забезпечення підтримки прийняття рішень під час ліквідації НС, зокрема, під час вирішення питань з надання гуманітарної допомоги постраждалому населенню. Запропоновано алгоритм, який дозволяє реалізувати підходи транспортної та складської логістики при формуванні і доставці партій гуманітарного вантажу до постраждалих районів. Запропоновано застосування способу змішаних перевезень під час доставки партій гуманітарного вантажу. Цей спосіб передбачає спершу доставку вантажу автомобільним транспортом по дорогам де можливий проїзд від пункту завантаження до проміжного пункту від якого починається ділянка маршруту де проїзд є не можливим. Від проміжного пункту до постраждалого району доставка здійснюється після перевантаження вантажу з автомобіля в гелікоптер. В роботі проведено порівняння ефекту між способом прямої доставки вантажу гелікоптером та способом змішаних перевезень із залученням автомобільного транспорту. Встановлено, що під час прямої доставки вантажу гелікоптером можливо скоротити загальний час доставки порівняно із застосуванням змішаного перевезення більш як на 31 %. В той же час, доставка вантажу способом змішаних перевезень дозволяє зменшити майже 75 % витрату палива порівняно зі способом прямої доставки вантажу гелікоптером.

2. Удосконалена логічна архітектура інформаційної системи підтримки прийняття рішень під час ліквідації НС, яка складається з чотирьох баз даних, бази знань, модуля прийняття рішень та модуля ГІС. До бази знань було запропоновано додати алгоритм, який дозволяє визначити товарно-номенклатурну структуру партій гуманітарного вантажу на основі ABC та XYZ-аналізу, а також їх розміри. Розміри вантажу визначаються з урахуванням темпів споживання товарно-матеріальних ресурсів та часу їх поповнення. Крім цього, модуль прийняття рішення спершу оцінює можливість доставки вантажу автомобільним транспортом, як альтернативу авіаційному, що у підсумку дозволяє скоротити витрати по наданню гуманітарної допомоги постраждалому від НС населенню. У випадку вибору для доставки вантажу автомобільного транспорту вводяться обмеження, які полягають у неможливості допущення перевантаження автомобіля і розміщення вантажу за габаритами кузова.

Література

1. Alison O., Paul M. Situation Awareness in multi-agency emergency response: Models, methods and applications // *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2020. Vol. 48. Art. 101634.
2. Murali R. et. al. Knowledge Management for Social Workers Involved in Disaster Planning and Response in Malaysia: An Action Research Approach // *Systemic Practice and Action Research*. 2011. Vol. 24. P. 261–272.
3. Gyu H., Hwang W. A new approach to requirement development for a common operational picture to support distributed situation awareness // *Safety Science*. 2020. Vol. 125. Art. 104569.
4. Virrantaus K., Luukkala P. Developing information systems to support situational awareness and interaction in time-pressuring crisis situations // *Safety Science*. 2014. Vol. 63. P. 191–203.
5. Ali S-N., Asgary A. Modeling number of firefighters responding to an incident using artificial neural networks // *International Journal of Emergency Services*. 2013. Vol. 2. Issue 2. P. 104–118.
6. Allan O., Leonardo B., Jordan S., Jordana S., Jéssica M., Maria T., Vania N. Crowdsourcing, data and information fusion and situation awareness for emergency Management of forest fires: The project DF100Fogo (FDWithoutFire) // *Computers, Environment and Urban Systems*. 2019. Vol. 77. Art. 101172.
7. Rashmi R., Satish V., Sanjib K., D.V.L.N. Somayajulu. Fuzzy logic-based emergency vehicle routing: An IoT system development for smart city applications // *Computers & Electrical Engineering*. 2020. Vol. 88. Art. 106839.
8. S. Roxanne H., Amanda L., Muhammad I., Linda P., Robert P., Murray T. Exploring the usefulness and feasibility of software requirements for social media use in emergency management // *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2020. Vol. 42. Art. 101367.
9. Chao F., Fangsheng W., Ali M. A Hybrid Machine Learning Pipeline for Automated Mapping of Events and Locations From Social Media in Disasters // *Journals & Magazines*. 2020. Vol. 8. P. 10478–10490.
10. Lele Q., Jinfeng Z. Development of Dangerous Source's Monitoring, Management and Emergency Rescue Decision Making Support Information System // *Journal of Computers*. 2011. Vol. 6. P. 732–739.
11. Шматко О. В., Калиновський А. Я., Коваленко Р. І., Смолянiнов С. С. Розробка автоматизованої системи управління для оперативно-диспетчерської служби оперативно-координаційного центру ГУ ДСНС України у Харківській області // *Системи обробки інформації*. 2016. № 4(141). С. 204–208.
12. Стерлигова А. Н. Управление запасами в цепях поставок: уч. пособие. Москва: ИНФРА-М, 2008. 430 с.

R. Kovalenko¹, PhD, Associate Professor of the Department

A. Kalinovskiy¹, PhD, Associate Professor, Head of Department

B. Kryvoshei¹, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department

G. Korotenko², DSc, Associate Professor, Professor of the Department

¹*National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine*

²*Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine*

IMPROVING THE STRUCTURE OF THE DECISION SUPPORT INFORMATION SYSTEM

The paper considers the process of functioning of information systems to support decision-making by the management of emergency response. The main advantages and disadvantages of known information systems are determined. It has been established that none of the analyzed systems provides full information support

when making decisions to the emergency management leadership regarding the amount of necessary humanitarian aid to the affected population and possible ways of delivering these goods. The functionality of the previously mentioned information system has been determined, in particular, a function has been added that helps in resolving issues of providing humanitarian assistance to the affected population. The logical architecture of the information system for decision-making support during emergency response has been improved, which consists of four databases, a knowledge base, a decision module and a geographic information system module. The knowledge base of the information system has an algorithm that allows you to determine the commodity-nomenclature structure of humanitarian cargo consignments, as well as their sizes. In conditions of minor damage to the road surface and bridges, it is possible to deliver goods by road, and in conditions of their significant destruction by air. The decision-making module first assesses the possibility of delivering cargo by road, as an alternative to aviation, which ultimately reduces the cost of providing humanitarian assistance to the population affected by the emergency. The application of the multimodal transport method for the delivery of humanitarian cargo consignments is proposed. The efficiency has been evaluated and it has been established that with the method of direct transportation by helicopter, the delivery time is more than 31 % less than during combined transportation. At the same time, fuel consumption in case of multimodal transportations is almost 75 % less than during direct transportations using a helicopter.

Keywords: emergency rescue formation, information system, humanitarian aid, emergency, dangerous event

References

1. Tiutiunyk, V. V., Ivanets, H. V., Tolkunov, I. A., Stetsyuk, E. I. (2018). System approach for readiness assessment units of civil defense to actions at emergency situations. *Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 1, 99–105.
2. Wu, X., Wu, L. (2011). Evaluation of the Fire Emergency Rescue Capability in Urban Community. *Procedia Engineering*, 11, 536–540.
3. Vlasov, K. S., Denisov, A. N. (2016). Metodika analiza pokazateley operativnogo reagirovaniya pozharno-spatatelnykh podrazdeleniy. *Tehnologii tehnosfernoy bezopasnosti*, 3(67), 207–213.
4. Aldabbas, M., Venteicher, F., Gerber, L., Widmer, M. (2018). Finding the Adequate Location Scenario After the Merger of Fire Brigades Thanks to Multiple Criteria Decision Analysis Methods. *Foundations of Computing and Decision Sciences*, 43(2), 69–88.
5. Pieter, L. van den Berg, Guido, A. G. Legemaate, Rob D. van der Mei. (2017). Increasing the Responsiveness of Firefighter Services by Relocating Base Stations in Amsterdam. *INFORMS PubsOnLine*, 47, 352–361.
6. Kovalenko, R. I. (2017). Improvement of the method of determining the number and nomenclature of the park of cars in fire-related surfaces of the city at the example of the city of Kharkov. *East European Scientific Journal*, (25), 48–56.
7. Krasuski, A., Krenski, K. (2014). Decision Support System for Blockage Management in Fire Service. *Studies in Logic, Grammar and Rhetoric*, 37(50), 107–123.
8. Xing, Z., Gao, W., Zhao, X., Zhu, D. (2013). Design and Implementation of City Fire Rescue Decision Support System. *Procedia Engineering*, 52, 483–488.
9. Mainak, B., Varun, S. (2016). Development of agent based model for predicting emergency response time. *Perspectives in Science*, 8, 138–141.
10. Kalinovskiy, A., Kovalenko, R. (2018). Udoskonalennia matematychnoi modeli otsinky chasu reahuvannia pidrozdiliv na nadzvychaini sytuatsii. *Problemy nadzvychainykh sytuatsii*, 27, 31–38.
11. Kalinovskiy, A., Kovalenko, R. (2017). Statystychnе doslidzhennia kharakteru nebezpechnykh podii, yaki vynykaiut v misti Kharkovi. *Komunalne hospodarstvo mist*, 135, 159–166.

Надійшла до редколегії: 08.04.2020

Прийнята до друку: 22.04.2020