

DOI <https://doi.org/10.15407/csc.2022.03.04.024>
УДК 004.7

В.Ф.ГРЕЧАНІНОВ, к.т.н., завідувач науково-дослідного відділу Інтелектуальних інформаційно-аналітичних систем, Інститут проблем математичних машин і систем (ІПММС НАН України), 03187, м. Київ, просп. Акад. Глушкова, 42, Україна,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6268-3204>,
vgrechaninov@gmail.com

І.М. ОКСАНИЧ, к.т.н., с.н.с., науково-дослідний відділ Інтелектуальних інформаційно-аналітичних систем, Інститут проблем математичних машин і систем (ІПММС НАН України), 03187, м. Київ, просп. Акад. Глушкова, 42, Україна,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1208-3427>
inokc2018@gmail.com

А.В. ЛОПУШАНСЬКИЙ, наук. співробітник науково-дослідного відділу Інтелектуальних інформаційно-аналітичних систем, Інститут проблем математичних машин і систем (ІПММС НАН України), 03187, м. Київ, просп. Акад. Глушкова, 42, Україна,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4840-0236>,
anatoliy.lopushanskyi@gmail.com

ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПИТАНЬ ІНТЕГРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ У БАГАТОРІВНЕВИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

У статті розглядається трирівнева система управління реагуванням на надзвичайні ситуації (НС), пропонується використання колекції хмарних інфраструктур для інтеграції інформації про НС. Описуються процеси перетворення первинних даних та їхнє розподілення між рівнями управління. Пропонується використання каталогу сервісів та роле-орієнтованого інтерфейсу доступу користувачів до сервісів. Описуються особливості побудови ситуаційної обізнаності у середовищі хмарних інфраструктур.

Ключові слова: багаторівневі системи управління, хмарні технології, перетворення даних.

Вступ

У наш час широкого використання комп'ютерних технологій та інтернету дедалі більшого розповсюдження набуває парадигма використання хмарних технологій. В Україні хмарні технології здебільшого застосовуються у бізнесі та у мобільних додатках. Наразі в нашій державі був прийнятий та набрав чинності Закон «Про хмарні послуги» від 17.02.2022 №2075-ІХ [1], яким врегульовуються відносини при створенні та використанні

хмарних технологій у державному секторі. Слід зазначити, що використання хмарних технологій може зробити свій дуже великий внесок при створенні автоматизованих систем управління, які застосовуються у мережі ситуаційних центрів (СЦ) при реагуванні на надзвичайні ситуації (НС) у різних областях життєдіяльності людини, включно з авіацією, управлінням повітряним рухом, наданням медичної допомоги (особливо в складних умовах), воєнними операціями тощо. Такі системи,

як правило є ієрархічними, вони мають кілька рівнів й управляються здебільшого органами державної влади.

Наведемо основне визначення хмарних технологій, яке дається Національним інститутом стандартів і технологій США (*NIST*). «Хмарні обчислення — це модель для забезпечення повсюдного, зручного мережевого доступу на вимогу до спільного пулу конфігурованих обчислювальних ресурсів (наприклад, мереж, серверів, сховищ, програм і служб), які можна швидко надати та вивільнити з мінімальними зусиллями управління або взаємодії з постачальником послуг» [2].

Згідно з *NIST* модель має п'ять основних характеристик:

- самообслуговування за запитом;
 - широкий доступ до мережі через стандартні механізми використання тонких чи товстих клієнтських платформ, як то мобільні телефони, планшети, ноутбуки, робочі станції;
 - об'єднання обчислювальних ресурсів для обслуговування кількох споживачів, яким ці ресурси динамічно призначаються та перепризначаються відповідно до їхнього попиту та незалежно від місця розташування споживачів;
 - швидка еластичність, що дає змогу гнучко надати, вивільнити або масштабувати ресурси відповідно до попиту;
 - автоматичний прозорий контроль та оптимізація використання ресурсів [2].
- Визначення *NIST* дає опис трьох моделей обслуговування та чотирьох моделей розгортання хмарних обчислень (публічна хмара, хмара спільноти, приватна хмара та гібридна хмара).

Постановка проблеми

При виникненні НС в процес управління реагуванням на неї та ліквідації її наслідків включається державна система управління кризисними СЦ, яка є багаторівневою, географічно розгалуженою та має три рівня управління — стратегічний (державний), оперативний (регіональний) та тактичний (безпосередніх виконавців). Автоматизація

роботи цієї системи потребує використання процесів отримання, обробки та зберігання великого об'єму даних, їх інтеграції та аналізу, прогнозу, вироблення варіантів рішень, доведення їх до виконавців та контролю виконання. Аналізуючи визначення *NIST*, можна зробити висновок, що використання хмарних технологій (ХТ) у багаторівневій системі управління реагуванням на НС може значно удосконалити та осучаснити її роботу, підвищити ефективність, розподілити та пришвидшити обчислення, що базуються на інтегрованих даних, спростити створення єдиного інформаційного середовища (ЄІС) для всієї розподіленої структури управління, уможливити застосування *on-line* та *real-time* режимів, дозволяючи користувачам (рятувальникам, медикам, військовим, управлінцям) отримувати доступ до потрібної інформації з будь-якого місця в будь-який час, ефективно позбавляючи їх необхідності знаходитися в тому ж фізичному місці, що і обладнання, на якому зберігаються дані. Тому проблема використання ХТ у багаторівневій системі управління реагуванням на НС є надзвичайно актуальною та затребуваною на теперішній час.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У літературі є чимало праць, присвячених застосуванню ХТ до автоматизації процесів управління реагуванням на НС. Наведемо стислий опис деяких з них, результати яких були використані авторами цієї статті.

У хмарній стратегії Міністерства оборони США («*DOD-CLOUD-STRATEGY*») [3] наголошується, що у теперішньому цифровому світі використання хмарних платформ (у тому числі і комерційних) набуває вирішального значення для підтримки технологічної та інформаційної переваги збройних сил, дозволяючи, насамперед, використання аналітики об'єднаних даних (алгоритмів штучного інтелекту та машинного навчання) для вироблення рішень.

У статті генерала армії США Мартіна Е. Демпсі «*Joint Information Environment*» (Єдине інформаційне середовище – ЄІС) [4], відзначається, що створення та використання операційних центрів реагування на зовнішні конфлікти на основі ХТ дозволить створити ЄІС, одним з головних характеристик якого є використання інтегрованих хмарних сервісів, доступних будь-яким способом з будь-якого місця, взаємний обмін інформацією і, що немало важливо, перехід від мережевих рішень до рішень, орієнтованих на дані. Кінцевим бенефіціаром цієї структури ЄІС буде командир на передньому (тактичному) краї.

У статтях [5, 6] висвітлюються пріоритети, можливості та переваги використання ХТ у системах управління реагуванням на інциденти, що сприяє скороченню центрів обробки даних (ЦОД), побудові ЄІС, отриманню загальної картини подій, що розвиваються, обміну нею і веде до інформаційної переваги та до переваги у прийнятті та виконанні рішень.

Статті [7, 8] присвячені вирішенню проблеми створення переваги у повітрі, заснованому на отриманні ситуаційної обізнаності (СО) про широкий географічно розподілений район дій з використанням ХТ, що дасть можливість як колективного, так і одноосібного прийняття рішень. Основою для цього є процедури злиття даних [7] та застосування парадигми "Від даних до рішення", про що наголошено у [8].

У роботах [9, 10] розглядаються процеси та процедури перетворення сирих первинних даних до інтелектуальних даних, які можна використовувати для автоматизації процесів прийняття рішень з використанням ХТ.

Праці [11-13] присвячено особливостям та доцільності використання інфраструктур туманних обчислень у автоматизованих системах реагування на інциденти. Тумани – це розподілені віртуалізовані мікро-ЦОД, які створюються ближче до місць розташування підрозділів з реагування на інциденти, обробляють невеликі об'єми й мінімізують затримку передачі даних і навантаження на основну мережу. Вони є доповненням до основної батьківської хмари. Структура туман-

них обчислень може бути ієрархічною з перетворенням даних на кожному рівні ієрархії та надсиланням перетворених даних на вищий рівень. У [11] зазначається, що подібно до того, як туман стелиться близько до землі і покриває значну територію, так і туманні обчислення використовуються ближче до місць розташування інцидентів і є географічно розгалуженими мобільними мікро-інфраструктурами. У [12] наведено основні властивості туманних обчислень, які вказують на доцільність їх використання у автоматизованих системах управління при реагуванні на інциденти. Це: широкий географічний розподіл використання та, як наслідок, велика кількість дрібних вузлів; підтримка мобільності; взаємодія в реальному часі; переважна більшість бездротового доступу; неоднорідність; інтероперабельність та федерація (взаємодія компонентів та об'єднання сервісів); підтримка онлайн-аналітики при взаємодії з батьківською хмарою (прийом та обробка даних поблизу хмари).

Робота [14] присвячена дослідженню архітектури хмарних обчислень, що використовується для обробки даних про інциденти, викликані природними або техногенними катастрофами в міському середовищі за допомогою комп'ютерного зору та лідарного сканування місцевості. Ця архітектура передбачає використання програмно-визначуваної мережі, туманних та базових хмарних обчислень для управління ресурсами і дозволяє забезпечити СО для працівників служб екстреної допомоги та правоохоронних органів під час подій.

Метою даної статті є побудова моделі інтеграції даних, які надходять до різних рівнів трирівневої моделі управління реагування на НС у кризових ситуаційних центрах з використанням технології хмарних обчислень.

Три головних рівні управління, яке здійснюють органи державної влади – стратегічний (державний), оперативний (регіональний) і тактичний (безпосередніх виконавців) задіяні в реагуванні на кризові та надзвичайні ситуації і є об'єктом дослідження цієї роботи

з погляду інтеграції даних із використанням хмарних технологій.

Використання парадигми «Від даних до рішення»

На рис. 1 зображено модель циклу «Від даних до рішення», який проходять дані від навколишнього середовища до прийняття рішення особою, що приймає рішення (ОПР).

При проведенні заходів з реагування на НС від цивільного населення та з джерел різних розвідок (радіоелектронної, геопросторової, агентурної, відкритих джерел) надходять дані у великих об'ємах. Первинні сирі необроблені дані – графічні, текстові, табличні, аеро, фото та космічні знімки, аудіо, відео, показання різних датчиків, сигнали, повідомлення тощо, структуровані, напівструктуровані, не структуровані, дубльовані, зашумлені, спотворені, можливо (або навмисно) помилкові у різних форматах і у тому вигляді, як вони надійшли з різних джерел, зберігаються у базах даних (БД). Ці дані знаходяться у необробленій формі, і їх неможливо використовувати. Вони вимагають застосування процесу перетворення – очищення, структурування та збереження у придатному для використання форматі, у якому їх можна аналізувати і використовувати для підтримки процесів прийняття рішень.

Процес перетворення сирих даних (*Raw Data*) до інтелектуальних даних (*Smart Data*) відбувається в автоматизованому режимі за допомогою відповідних алгоритмів і може включати такі процеси (методи).

1. Первинна перевірка даних (перевірка достовірності, усунення надмірності, дублювання тощо).

2. Фільтрація даних (видалення неважливих, помилкових, безглузких даних та шуму).

3. Додавання метаданих (джерела, власника, території, часу, опису події тощо).

4. Узагальнення даних (використання ієрархій та класифікацій).

5. Агрегація даних (утворення зведених форм, вирахування середніх значень, сум тощо).

6. Нормалізація та структурування даних для використання у БД.

7. Форматування даних, приведення до використовуваних форматів.

8. Злиття даних (*Data Fusion*) – об'єднання безлічі різних даних (по темах, територіях, подіях, часу тощо), що надходять із різних джерел, у цілісну картину.

9. Шифрування даних для передачі у мережі.

Отримані в результаті перетворення *Smart Data* стають придатними до використання для їхнього інтелектуального аналізу з використанням методів штучного інтелекту (*AI*), машинного навчання (*DL*) та алгоритмів глибинного аналізу даних (*DM*), стаючи інформацією та накопиченими знаннями. Результатом роботи є, у тому числі, загальна картина СО про НС, прогноз її подальшого розвитку та різні варіанти рішень, які пропонуються аналітичними системами.

Процес перетворення даних є доволі ресурсомістким. Вирішення цієї проблеми може забезпечити використання хмарного сховища даних, оскільки хмарна платформа може легко масштабуватися.

Далі розглянемо побудову моделі перетворення та інтеграції даних для трьох рівнів моделі управління реагуванням на кризові ситуації з використанням ХТ.

Побудова моделі інтеграції даних для трьох рівнів управління реагуванням на НС з використанням хмарних технологій

На рис. 2 зображено гібридну хмарну інфраструктуру, яка пропонується для інтеграції даних у трирівневій системі управління реагуванням на НС. Розглянемо її складові.

Гібридна хмара (hybrid cloud) складається з чотирьох незалежних хмарних інфраструктур:

– публічної хмари;

– хмари спільноти стратегічного рівня;

– приватних хмар оперативного (регіонального) рівня;

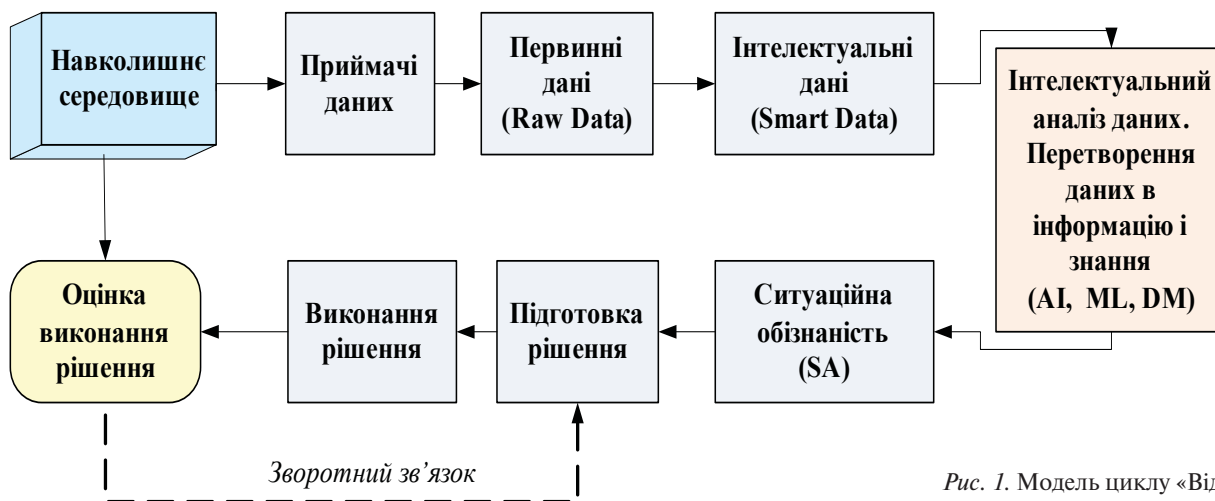


Рис. 1. Модель циклу «Від даних до рішення».

– персональних хмар тактичного рівня та туманних обчислень, які використовуються на краю мережі.

Публічна хмара (public cloud) – це хмарна інфраструктура (*on-line* хмара), яка використовується для отримання загальнодоступних даних із мережі інтернет довільним колом користувачів хмарних послуг і контролюється надавачем хмарних послуг. Використовується для отримання метеоданих, новин, даних розвідки з відкритих джерел тощо, які будуть необхідними для вироблення рішень з реагування на НС, що виникла.

Хмара спільноти (community cloud) стратегічного рівня – це хмарна інфраструктура, яка використовується на стратегічному рівні державного управління для вироблення стратегічних рішень.

БД ЦОД хмари спільноти зберігають бази інтелектуальних даних стратегічного рівня (*Smart DataC*), отриманих у результаті злиття інтелектуальних даних з оперативного рівня (*Smart DataO*). Ці дані разом з нормативно-довідковою інформацією (НДІ) державного рівня (класифікаторами, довідниками, постановами, указами тощо) є вхідними даними для інформаційних (*IC*) та аналітичних (*AC*) систем, що використовуються на стратегічному рівні. Тут також зберігаються дані

оперативного рівня, які надійшли і мають для цього рівня статус напівоброблених, вони утворюють «озеро» напівоброблених даних (*Raw Data LakeC*).

Приватні хмари (private cloud) оперативного (регіонального) рівня – це хмарні інфраструктури, які використовуються на оперативному (регіональному) рівні управління.

Приватні хмари використовуються для процесів зберігання та перетворення даних, отриманих з тактичного рівня та дані туманних обчислень. Їх ЦОД містять бази інтелектуальних даних оперативного рівня (*Smart DataO*), отриманих у результаті процесу перетворення первинних необроблених даних з самого нижчого тактичного рівня (*Raw Data*), (наприклад, пристроїв інтернету речей) (Хмара *N*) та частково оброблених даних туманних обчислень (Хмара 1). Також на цьому рівні зберігаються первинні дані у тому вигляді, як вони надійшли з нижчого рівня (тобто без змін), утворюючи так звані «Озера первинних даних» (*Raw Data LakeO*). *Smart DataO* разом з НДІ оперативного рівня є вхідними даними для *IC* та *AC*, що використовуються на оперативному рівні. Приватних хмар може бути доволі багато, відповідно до кількості вузлів управління (регіонів) та ЦОД на оперативному рівні.

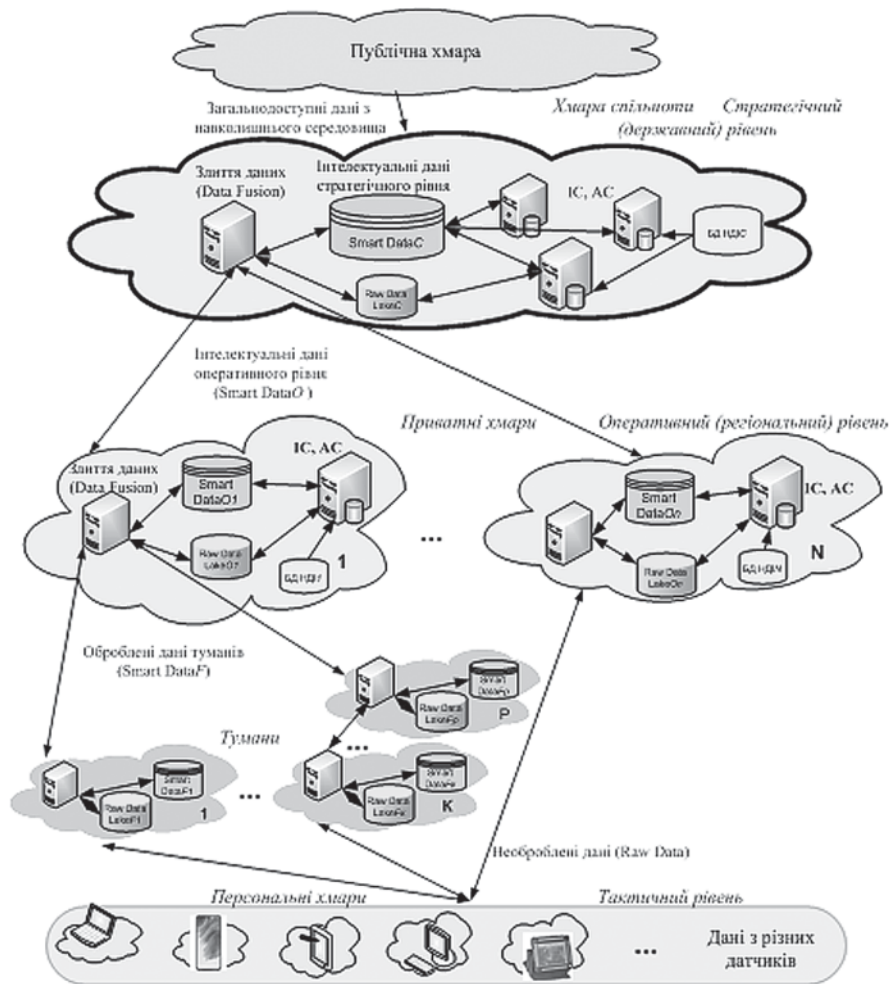


Рис. 2. Модель хмарної інфраструктури для інтеграції даних трьох рівнів управління реагуванням на НС

Туманні обчислення (*Fog computing*) – це хмарні інфраструктури, які використовуються для процесів зберігання та обчислення даних, отриманих з тактичного рівня з метою розвантаження приватної хмари оперативного рівня здебільшого у географічно розгалужених зонах інцидентів. Туманні обчислення як проміжне програмне забезпечення можуть попередньо обробляти необроблені дані *Raw Data*, що надходять від граничних вузлів, перед їх відправкою на оперативний хмарний рівень.

На рис. 2 зображено модель зберігання та обробки даних у приватних хмарах оперативного рівня з використанням туманних обчислень (Хмара 1) та без (Хмара N). Тумани

K і *P* Хмари 1 являють собою ієрархічну структуру, у якій сирі дані, що надійшли до туману *K* з тактичного рівня, піддаються процесу часткового перетворення і надходять до туману *P* вищої ієрархії, звідки разом з частково перетвореними даними туману *P* надходять до Хмари 1, де відбувається їх остаточне перетворення до інтелектуальних даних оперативного рівня, придатних до використання у *IC* та *AC*. Таким чином, приватна Хмара 1 оперативного рівня охоплює обчисленнями певну географічну територію.

Тумани містять бази інтелектуальних даних (*Smart Data F*), отриманих в результаті процесу перетворення *Raw Data* тактичного

рівня з місць, наближених до інциденту. Вони зберігають також і первинні дані без змін, утворюючи «озера даних» (*Raw Data LakeF*).

Персональні хмари тактичного рівня існують на інтелектуальних персональних пристроях, які мають пам'ять та підключені до інтернету (персональні комп'ютери, ноутбуки, смартфони, планшети, тактичні термінали). Це – пристрої інтерету речей (*IoT – Internen of Things*). Персональні хмари тактичного рівня використовуються для часткового (залежно від можливостей) зберігання первинних необроблених даних (*Raw Data*), отриманих з навколишнього середовища. Вони надсилають дані до вищих рівнів.

Зображене на рис. 2 перетворення даних можна представити у описааний далі спосіб.

У Персональних хмарах тактичного рівня необроблені сирі дані (*Raw Data*) з пристроїв *IoT* та датчиків поступають до приватних хмар оперативного рівня (хмара *N*) або до інфраструктури туманних обчислень (хмара 1).

У Приватних хмарах оперативного рівня відбуваються такі перетворення даних.

Хмара *N*. Об'єднання сирих даних з тактичного рівня та перетворення їх до інтелектуальних даних оперативного рівня у хмарі *N*:

$$RD_{O_n} = \cup RD_T, SD_{O_n} = f(RD_{O_n}).$$

Хмара 1. Об'єднання напівоброблених даних туманних обчислень та перетворення їх до інтелектуальних даних оперативного рівня у Хмарі 1:

$$RD_{O1} = \cup_{i=1}^p SD_{F_i}, SD_{O1} = f(RD_{O1}).$$

Туманні обчислення. Об'єднання сирих даних з тактичного рівня, які надходять до туманів та часткове їх оброблення:

$$SD_F = \cup_{i=1}^p SD_{(F_i)}, SD_{(F_i)} = f(RD_{(T_i)}),$$

$$SD_{F_k} = f(RD_{T_k}), SD_{F_p} = f(RD_{T_p}) + SD_{F_k}.$$

У Хмарі спільноти стратегічного рівня відбувається об'єднання інтелектуальних даних, що надходять з приватних хмар оперативного рівня та перетворення їх до інтелектуальних даних стратегічного рівня

$$SD_C = f(RD_C), RD_C = \cup_{i=1}^N SD_{O_i} -$$

де

RD_T – *Raw Data* тактичного рівня,

SD_O, *RD_O* – *Smart Data* та *Raw Data* оперативного рівня,

SD_F – *Smart Data* туманних обчислень,

SD_C, *RD_C* – *Smart Data* та *Raw Data* стратегічного рівня,

f – функція перетворення *Raw Data* до *Smart Data*, створена у відповідності до процесів перетворення описаних даних.

Наведемо узагальнений алгоритм інтеграції інформації у трирівневій системі управління реагуванням на НС з використанням хмарних технологій.

1. На тактичному рівні управління у місцях, де працюють підрозділи з ліквідації наслідків НС, їх члени отримують на свої електронні пристрої первинні необроблені дані про НС, зберігають їх там (у своїх персональних хмарах тактичного рівня) та надсилають ці дані по каналах зв'язку до БД ЦОД регіонів (у приватні хмари оперативного рівня), яким вони підпорядковані. Якщо територія регіонів велика та географічно розгалужена, можуть використовуватися туманні обчислення, які являють собою міні-ЦОД, розташовані на окремих ділянках, або на мобільних засобах. Такі міні-ЦОД дозволяють зберігати та проводити часткове перетворення первинних сирих даних. Тумани можуть мати ієрархічну структуру та спільні розподілені обчислення, забезпечуючи розподілення навантаження між собою. Частково перетворені первинні дані туманних обчислень надсилаються (автоматично або автоматизовано) до БД ЦОД приватних батьківських хмар оперативного рівня по регіонах, задіяних у ліквідації наслідків.

2. На оперативному рівні управління у ЦОД приватних хмар регіонів отримані по каналах зв'язку дані з персональних хмар тактичного рівня та туманів піддаються процедурам та алгоритмам перевірки, перетворення та злиття, інтегруються по кожному регіону та використовуються у відповідності до моделі

«Від даних до рішення» (рис. 1) для вироблення рішень, які регіони виконують самостійно (наприклад, виконання окремих видів робіт з ліквідації наслідків НС).

3. На стратегічному рівні управління у ЦОД хмари спільноти дані, отримані по каналах зв'язку з приватних хмар оперативного рівня піддаються процедурам перетворення та злиття, інтегруються по всій території дії НС та використовуються у відповідності до моделі «Від даних до рішення» (рис. 1) для вироблення стратегічних державницьких рішень з реагування на НС.

Використання сервіс-орієнтованої архітектури та роле-орієнтованого інтерфейсу користувача

Інтегровані інтелектуальні дані SD_c , що зберігаються у БД ЦОД хмари спільноти разом з даними, що надходять з публічної хмари та НДІ загальнодержавного рівня є вхідними даними для ІС та АС на стратегічному рівні управління. Аналогічно, інтегровані інтелектуальні дані SD_o , що зберігаються у БД ЦОД приватних хмар разом з даними, що надходять з публічної хмари та НДІ окремих регіонів, задіяних у процес управління, є вхідними даними для ІС та АС на оперативному рівні управління. Це системи моніторингу поточної обстановки, прогнозування та моделювання, планування, управління розвідкою та інші. Результати роботи цих систем подаються у вигляді сервісів та надаються користувачам через каталог сервісів, який містить їхній опис та стан. Це такі сервіси: створення та обміну повідомленнями; поточної обстановки; розрахунку видів загроз; сервіс необхідних та рекомендованих видів робіт; довідкових даних за певними типами обладнання (доступ до довідників); сервіси багатьох різноманітних розрахункових задач тощо.

Важливо відзначити, що інтегровані інтелектуальні дані, що містяться у БД ЦОД хмари спільноти (*Smart DataC*, рис. 2) дають змогу провести каталогізацію всієї інформації, що циркулює в гібридній хмарній

інфраструктурі, та побудувати глосарії й онтології предметних областей реагування на НС. Використання онтологій, у свою чергу, дозволить створити роле-орієнтований інтерфейс користувача, коли користувач має доступ не до всієї інформації, що циркулює в гібридній хмарі, а тільки до тієї, яка прописана у його ролі. Такий користувач може зв'язуватися з тими хмарними сервісами, які відповідають його ролі й працювати з довільного місця та на довільному пристрої, під'єднаному до загального пулу ресурсів (рис. 3). Наприклад, це може бути робота у важкодоступній місцевості з використанням супутникової мережі інтернет. Також треба зазначити, що при втраті пристрою (або навіть користувача) інший пристрій (користувач) може продовжити роботу з даною роллю, якщо в нього будуть на це повноваження.

Використання роле-орієнтованого інтерфейсу користувача поряд з іншими засобами (захищений зв'язок, відповідні протоколи, шифрування тощо) додатково сприяє посиленню захисту інформації, що циркулює в гібридній хмарі.

Єдине інформаційне середовище та ситуаційна обізнаність як результат використання хмарних технологій

Використання об'єднаної хмарної інфраструктури – гібридної хмари (рис. 2), разом з даними, що зберігаються у БД ЦОД окремих хмар, хмарними додатками і сервісами формує фундамент для створення ЄІС предметної області тривірневої системи управління реагуванням на НС. Консолідований комплекс ЦОД, загальні довідники, класифікатори і глосарії, загальні сервіси та програми, доступні *on-line*, загальна система управління доступом до ресурсів та обміну інформацією створює інформаційне середовище для гнучкого створення, зберігання, розповсюдження та доступу до даних та додатків, даючи можливість командирам рятувальних підрозділів приймати спільні та індивідуальні рішення, орієнтова-

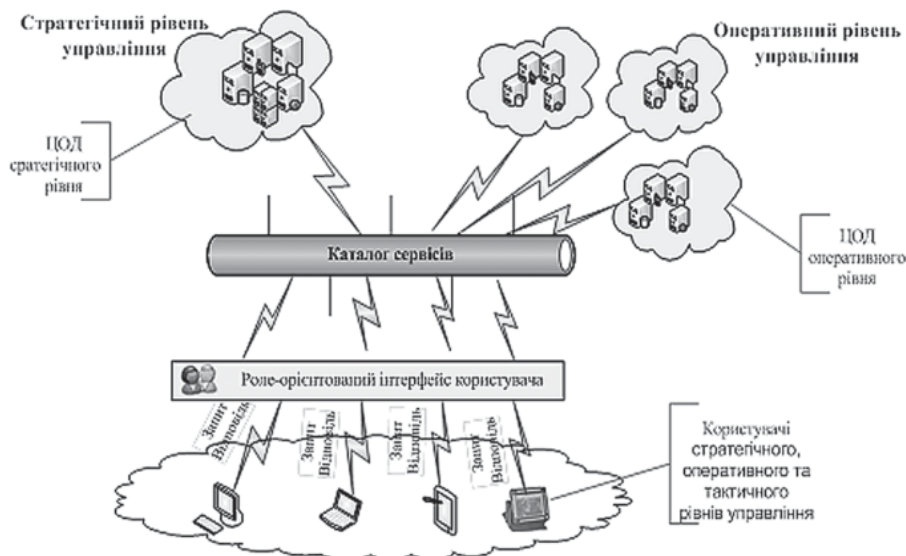


Рис. 3. Каталог сервісів та роль-орієнтований інтерфейс користувача

ним на дані, отримані з місць події, забезпечуючи інтеграцію зусиль з ліквідації НС.

Досить важливого значення набуває використання хмарних технологій і для визначення загальної ситуаційної обізнаності про НС, яка є результатом аналізу інтеграції інтелектуальних даних у ЦОД хмари спільноти на стратегічному рівні управління. У ЦОД приватних хмар оперативного рівня на основі аналізу інтеграції інтелектуальних даних цього рівня обчислюється оперативна обстановка в регіонах реагування на НС. Користувачі тактичного рівня можуть також обчислювати оперативну обстановку тактичного рівня відповідно до можливостей на своїх пристроях (у персональних хмарах) та обмінюватися нею. Обчислені загальна СО та оперативні обстановки по регіонах стають доступними користувачам як сервіси.

Окремо треба відзначити, що використання хмарних технологій дає змогу проводити операції з даними та інформацією (висновками, добутих знаннями, розрахунками, прогнозами, оцінками тощо) у режимі *on-line*, тобто тільки з обмеженнями мереж та протоколів зв'язку. Це дає користувачам неабияку перевагу у оцінці СО та своєчасному прийнятті рішень.

Висновки

У статті розглянуто переваги використання технології хмарних обчислень для інтеграції даних у тривірневій моделі управління реагуванням на НС різного (здебільшого кризового) характеру.

Описано процеси перетворення сирих необроблених даних (*Raw Data*) до інтелектуальних даних (*Smart Data*) з використанням парадигми «Від даних до рішення».

Запропоновано гібридну хмарну інфраструктуру для трьох рівнів управління з метою оброблення та зберігання *Raw Data* та *Smart Data*. Гібридна хмара складається з чотирьох самостійних хмар (публічної хмари, хмари спільноти стратегічного рівня, приватних хмар оперативного рівня, персональних хмар тактичного рівня) та туманних обчислень. Показано, як обробляються та зберігаються дані на кожному рівні та роль туманних обчислень. Процес перетворення даних, що надходять з навколишнього середовища, розподіляється між рівнями управління, що дає змогу зменшити навантаження на центри обробки даних кожного рівня. Результатом такого перетворення є інтеграція даних на оперативному рівні управління (окремо по

регіонах) та загалом на стратегічному рівні.

Запропоновано використовувати ролеорієнтований інтефейс користувача доступу до каталогу сервісів, які є загальнодоступними у гібридній хмарі. Показано переваги застосування хмарних технологій при створенні єдиного інфор-маційного середовища та ситуаційної обізна-ності для трирівневої моделі управління з реагування на НС. Процес управління реагуванням на

НС у трирівневій системі управління потребує надходження великого об'єму даних, які потрібно зберігати та переробляти, і є надзвичайно складним і ресурсомістким. Використання технології хмарних обчислень, яка наразі набуває широкого розповсюдження, може уможливити подолання цієї проблеми. Результати роботи можуть бути корисними для використання при побудові хмарної інфраструктури для багаторівневих систем управління.

REFERENCES

1. The Law of Ukraine "On Cloud Services" from 17.02.2022 №2075-IX. [online]. Available at: <<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2075-20#Text/>> [Accessed: 18 Sept. 2022] [Закон України «Про хмарні послуги» від 17.02.2022 №2075-IX] (In Ukrainian).
2. Mell, P., Grance, T., 2011. "The NIST Definition of Cloud Computing". National Institute of Standards and Technology. Special Publication, 800 145.
3. DoD Cloud Strategy, 2018. [online]. Available at: <<https://media.defense.gov/2019/Feb/04/2002085866/-1/-1/1/DOD-CLOUD-STRATEGY.PDF>> [Accessed: 1 June 2022].
4. Dempsey, M.E., 2013. Joint Information Environment. White Paper. [online]. Available at: <https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Doctrine/concepts/cjcs_wp_infoenviroment.pdf?ver=2017-12-28-162048-650> [Accessed: 18 Sept. 2022].
5. Skoryk, A., Niziienko, B., Dudush, A., Shulezhko, V., Romanchenko, I., 2021. "Evolution from the Network-Centric Warfare Concept to the Data-Centric Operation Theory". *Advances in Military Technology*, 16 (2), pp. 219-234.
6. Gros, P., 2019. "The "tactical cloud", a key element of the future combat air system". *Fondation pour la recherche strategique. Note de la FRS*.
7. Frey, T., Jr. "F-35 Information Fusion". Lockheed Martin, 2018. [online]. Available at: <<https://swiss-f35.ch/wp-content/uploads/2021/08/PIRA-F-35-Sensor-Fusion-Brief-for-Switzerland.pdf>> [Accessed: 1 June 2022].
8. Air Superiority 2030 Flight Plan, 2016. Enterprise Capability Collaboration Team. [online]. Available at: <<https://www.af.mil/Portals/1/documents/airpower/Air%20Superiority%202030%20Flight%20Plan.pdf>> [Accessed: 1 June 2022].
9. Hosseinpour, F., Plosila, J., Tenhunen, H., 2016. "Smart Data: A New Perspective of Tackling the Big Data Phenomena Leveraging a Fog Computing System". *International Journal of Digital Content Technology and its Applications (JDCTA)*. 10 (5).
10. What is Data Transformation? 2022. TIBCO Software Inc. [online]. Available at: <<https://www.tibco.com/reference-center/what-is-data-transformation>> [Accessed: 1 June 2022].
11. Bonomi, F., Milito, R., Jiang, Zhu, Addepalli, S., 2012. "Fog Computing and Its Role in the Internet of Things. Cisco Systems Inc". MCC'12, August 17, 2012, Helsinki, Finland.
12. Roca, D., Quiroga, J., Valero, M., Nemirovsky, M., 2017. "Fog Function Virtualization: a Flexible Solution for IoT Applications", *IEEE Xplore*, 15 June 2017. doi: 10.1109/fmec.2017.7946411.
13. Lele, A., Sharma, M., 2014. "Relevance of Cloud Computing for Defence". *Journal of Defence Studies*, 8 (2), pp. 63-84.
14. Gargees, R., Morago, B., Pelapur, R., Chemodanov, D., Calyam, P., Oraibi, Z., Duan, Y., Seetharaman, G., Palaniappan, K., 2017. "Incident-Supporting Visual Cloud Computing Utilizing Software-Defined Networking". *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 27 (1), pp 182-197. DOI: 10.1109/TCSVT.2016.2564898.

Received 25.10.2022

V.F. Grechaninov, PhD (Eng.), Head of Department, The Institute of Mathematical Machines and Systems Problems of the Ukraine National Academy of Science (IMMSP NAS of Ukraine), Glushkov ave., 42, Kyiv, 03187, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6268-3204>, vgrechaninov@gmail.com

I.M. Oksanych, PhD (Eng.), Senior Research Associate, The Institute of Mathematical Machines and Systems Problems of the Ukraine National Academy of Science (IMMSP NAS of Ukraine), Glushkov ave., 42, Kyiv, 03187, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1208-3427>, inokc2018@gmail.com

A.V. Lopushansky, Research Associate, The Institute of Mathematical Machines and Systems Problems of the Ukraine National Academy of Science (IMMSP NAS of Ukraine), Glushkov ave., 42, Kyiv, 03187, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4840-0236>, anatoliy.lopushanskyi@gmail.com

USE OF CLOUD TECHNOLOGIES TO SOLVE ISSUES OF INFORMATION INTEGRATION IN MULTI-LEVEL MANAGEMENT SYSTEMS

Introduction. Currently, the paradigm of cloud computing has become widespread in many areas of human life. Particular attention is paid to the use of cloud technologies in emergency response management systems. In Ukraine, such systems are multi-level, mainly with state administration. The use of cloud technologies also opens up new opportunities for the processes of information integration in these systems. Therefore, the problem of building cloud computing models for data integration in multilevel emergency response management systems is quite relevant.

Purpose of the article. The purpose of the article is to build a model for integrating data coming to different levels of a 3-level emergency response management model using cloud computing technology. Three main levels of government carried out by public authorities – strategic (state), operational (regional) and tactical (direct executors) are involved in responding to crisis and emergency situations and are the object of research work in terms of data integration using cloud computing.

Results. The analysis of a 3-level emergency response management system was carried out for the purpose of transformation, integration and storage in cloud structures of data coming from different sources. A study was made of the process of converting primary data to a state that allows them to be used as input in analytical systems. A hybrid cloud infrastructure for processing and storing data at various levels of management is proposed. It is proposed to use a role-oriented user interface for accessing a catalog of services that are publicly available in a hybrid cloud. The advantages of using cloud technologies in creating a joint information environment and situational awareness for a 3-level emergency response management model are shown.

Conclusions. As a result of the research, it can be concluded that the use of cloud technologies in multi-level emergency response management systems can provide an opportunity to solve the problem of processing and storing a large amount of incoming data and provide an advantage in the processes of creating a joint information environment and awareness of the situation. The results of the work can be useful in building a cloud infrastructure for multi-level control systems.

Keywords: *multilevel control systems, cloud technologies, data transformation.*