

УДК 004.9

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2018-4-23-30>

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КООРДИНАЦІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ В СИСТЕМІ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ В УМОВАХ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ ПАРАДИГМИ

Ложкін Р.С.

Херсонський національний технічний університет
пр. Щорса, 13, 73485, смт. Антонівка, м. Херсон
ruslanlozhkin@gmail.com

У статті розглянуто процес координаційної взаємодії в системі оперативного управління в умовах виникнення надзвичайної ситуації. Основою системи є інтелектуальні агенти, що моделюють взаємовідносини між представниками органів ліквідації наслідків надзвичайної ситуації, спираючись на характеристики надзвичайної ситуації та обмеження, що накладаються навколишнім середовищем у зоні надзвичайної ситуації, силами й засобами цивільного захисту України. Подано схему мультиагентного управління в умовах виникнення надзвичайної ситуації. *Ключові слова:* координаційна взаємодія, мультиагентна парадигма, інтелектуальний агент, надзвичайна ситуація.

Моделирование процесса координационного взаимодействия в системе оперативного управления в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций с использованием мультиагентной парадигмы. Ложкин Р.С. В статье рассмотрен процесс координационного взаимодействия в системе оперативного управления в условиях возникновения чрезвычайной ситуации. Основой системы являются интеллектуальные агенты, которые моделируют взаимоотношения между представителями органов ликвидации последствий чрезвычайной ситуации, опираясь на характеристики чрезвычайной ситуации и ограничения, накладываемые окружающей природной средой в зоне чрезвычайной ситуации, силами и средствами гражданской обороны Украины. Представлена схема мультиагентного управления в условиях возникновения чрезвычайной ситуации. *Ключевые слова:* координационное взаимодействие, мультиагентная парадигма, интеллектуальный агент, чрезвычайная ситуация.

Modeling of the coordinating interaction process in the operative control system under conditions of emergencies with using multi-agent paradigm. Lozhkin R.S. The process of coordination interaction in the system of operational control under conditions of emergencies is considered. Intelligent agents are the main part of the system modeling relationship between members of emergency response agencies based on the characteristics of the emergency situation and the restrictions imposed by the environment in the emergency area, by the forces and means of Ukrainian civil defense. A scheme of multi-agent control in conditions of emergency situations is presented. *Key words:* coordination interaction, multi-agent paradigm, intelligent agent, emergency.

Постановка проблеми. Сумна статистика надзвичайних ситуацій (далі – НС), що трапилися на території України, говорить про те, що державна система цивільного захисту (далі – ЦЗ) має низку невирішених проблем.

Ефективність проведення ліквідаційних робіт багато в чому залежить від того, як орган місцевого самоврядування організує оперативне керування в умовах виникнення НС [1]. Основними завданнями під час ліквідації наслідків НС є прийняття зважених управлінських рішень і координація взаємодії сил і засобів ЦЗ. Процес ліквідації наслідків НС стикається з проблемами невизначеності, швидкоплинності, нестачі часу та ресурсів. Окрім цього, є проблеми неузгодженості дій сил і засобів ЦЗ, прийняття оперативних управлінських рішень в умовах виникнення НС.

Актуальність дослідження. В умовах виникнення НС у процесі прийняття зважених та ефективних рішень велике значення має координація взаємодії органів управління, що беруть участь у ліквідації наслідків НС. Тому розроблення методів і моделей координації є важливим науково-практичним завданням.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями полягає в моделюванні процесу координаційної взаємодії органів оперативного управління в умовах виникнення НС з використанням мультиагентної парадигми. Застосування зазначеної моделі допоможе у вирішенні проблем прийняття управлінських рішень в умовах нестачі часу, ресурсів, динамічної зміни характеристик у зоні НС, людського фактору.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз останніх публікацій із цієї тематики показав, що не всі питання моделювання процесу координаційного керування розкрито достатньою мірою.

У роботі Р.І. Шевченка [2] проведено аналіз систем моніторингу і прогнозування НС на державному рівні керування. Також авторами проаналізовано процес взаємодії підрозділів у системі моніторингу і прогнозування НС, здійснено формування різних інформаційних потоків у процесі взаємодії. Визначено системні протиріччя. Розглянуто інформаційно-функціональні, інформаційно-структурні схеми систем, процесів моніторингу і прогнозування НС на державному рівні керування.

У праці Р.Л. Михайлова [3] виконано аналіз способів застосування науково-методичного апарату теорії координації. Розглянуто питання координації в системах воєнного управління, здійснено акцент на проблемах координації в системах воєнного нагляду та впливу.

Питання безпеки життєдіяльності будівель і споруд масового обслуговування проаналізовано в роботі О.Б. Зачко, О.Р. Головатий [4]. Запропоновано концептуальну модель одноканальної системи масового обслуговування з використанням мультиагентної парадигми. Розглянуто недоліки у безпеці життєдіяльності сучасних систем масового обслуговування.

У праці Е.Н. Ляшенко, В.Г. Шерстюк [5] запропоновано звести завдання координації в слабко структурованій ієрархічній системі цивільного захисту населення до завдання підтримки цілеспрямованого кооперативного прийняття рішень. Показано, що неявна координація може розглядатися як процес спільного пошуку рішень агентами в багатоагентній моделі з нормативним регулятором, а явна координація – як процес узгодження планів агентів.

У роботі Е.Н. Ляшенко, Д.Л. Киричук [6] проведено аналіз робіт у галузі теорії координації. Обґрунтовано актуальність розроблення моделей, які дадуть змогу вирішити завдання координації в багаторівневих ієрархічних системах. Запропоновано структуру багаторівневої ієрархічної системи цивільного захисту населення від НС, виділено рівні керування системи. Наведено формальну постановку завдання координації в цій системі.

У праці [7] детально розглянуто проблему прийняття рішень під час ліквідації НС. Розроблено концепцію підтримки прийняття рішень під час ліквідації НС і її характеристики. Розглянуто можливі рішення, що приймаються для кожного етапу ліквідації НС. Наведено огляд теорії та методів прийняття рішень у НС з методологічного погляду. Продемонстровано побудову системи підтримки прийняття рішень під час ліквідації НС природного характеру. Наведено схему загальних процесів прийняття рішень під час ліквідації НС природного характеру і схему системи підтримки прийняття рішень під час ліквідації НС природного характеру.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.

Ефективність роботи органу оперативного управління в умовах виникнення НС багато в чому залежить від злагодженої взаємодії між його представниками. Кожний представник органу оперативного управління в умовах виникнення НС має власні бажання, переконання, наміри, плани, тому їх можна представити як інтелектуальних агентів, що також мають свої бажання, переконання, наміри та бібліотеку планів. Модель процесу координаційної взаємодії в системі оперативного управління ліквідації наслідків НС, де кожен представник цього органу представлений як інтелектуальний агент, згідно з мультиагентною парадигмою, дає змогу приймати ефективні, зважені рішення з огляду на брак часу, ресурсів, швидкоплинність, невизначеність, неузгодженість дій сил і засобів ЦЗ України.

Новизна запропонованого дослідження полягає в моделюванні процесу координаційної взаємодії в системі оперативного управління в умовах виникнення НС з використанням мультиагентної парадигми. Розроблені методи та моделі дадуть змогу вирішити науково-практичну проблему оперативного управління в умовах виникнення НС з урахуванням проблем браку часу, ресурсів, швидкоплинності, невизначеності, неузгодженості дій сил і засобів ЦЗ, прийняття оперативних управлінських рішень.

Методологічне або загальнонаукове значення запропонованого дослідження полягає в подальшому розвитку теорії координації в системах оперативного управління в умовах виникнення НС. Запропоновані методи та моделі координаційної взаємодії з використанням мультиагентної парадигми становлять невирішену раніше частину цієї загальної проблеми.

Виклад основного матеріалу. Під час організації оперативного управління силами й засобами ЦЗ України в умовах виникнення НС одним із важливіших завдань є взаємодія відповідних органів і її членів. Під час організації взаємодії керуються не тільки положеннями, законами, розпорядженнями, інструкціями, а й отриманим досвідом, методичними вказівками, сталими схемами, планами взаємодії, аналізом результатів ліквідації великої кількості НС.

Основою успішної взаємодії оперативного управління силами й засобами ЦЗ України в умовах виникнення НС є особистий вклад кожного члена відповідно до його компетенцій та обов'язків, згідно з прийнятим порядком взаємодії та розробленими етапами:

- спільна участь у розробленні відповідних актів і керівних документів;
- взаємний обмін інформацією, яка стосується компетенцій сторін;
- спільне розроблення планів взаємодії;
- визначення, виділення сил і засобів ЦЗ, необхідних для ліквідації НС, відповідно до розроблених планів взаємодії.

Без розуміння загальних цілей виконуваних робіт із запобігання та ліквідації НС, без методів, порядку організації сил і засобів ЦЗ України взаємодія неможлива. Лише однієї взаємодії оперативного управління силами та засобами ЦЗ України в умовах виникнення НС недостатньо для ліквідації НС із найменшими збитками й втратами серед населення. Для досягнення оптимального результату, що відповідає цілям виконуваних робіт, доцільним є використання методів координації в багаторівневих і складних системах. Організації, які створюються під час ліквідації НС, є ієрархічними, складними системами, що мають динамічну структуру.

Координація взаємодії оперативного управління силами та засобами ЦЗ України в умовах виникнення НС – це сумісне здійснення робіт з ліквідації НС, які призводять до спільного результату або цілі, з оптимальним поєднанням інтересів в ресурсів, залучених до підготовки та ліквідації НС, з урахуванням усіх обмежень, що накладаються відповідними органами.

Під час запобігання та ліквідації НС місцевою владою створюється орган оперативного управління в умовах виникнення НС. Структура цього органу має три рівні:

1. Комісія з питань техногенно-екологічної безпеки (далі – ТЕБ) і НС.
2. Штаб з ліквідації наслідків НС.
3. Робочі групи штабу.

Комісія з питань ТЕБ і НС виконує контролюючі, координуючі обов'язки роботи штабу з ліквідації НС [1]. Штаб з ліквідації НС безпосередньо виконує оперативне управління в умовах виникнення НС і видає накази робочій групі штабу, яка і є виконавцем ліквідаційних робіт, робіт з порятунку населення та майна й робіт з відновлення інфраструктури і споруд у зоні НС [1]. Комісія з питань ТЕБ і НС складається з голови комісії, секретаря, заступника голови комісії та членів комісії з питань ТЕБ і НС [1]. Штаб з ліквідації наслідків НС у своєму складі має керівника штабу, двох заступників керівника штабу та членів штабу з ліквідації наслідків НС [1]. Робоча група складається з групи аналізу ситуації й підготовки даних, групи управління резервом сил, організаційної групи, групи представників органів влади, групи організації зв'язку, групи взаємодії з населенням і засобами масової інформації, групи безпосереднього реагування, групи матеріально-технічного забезпечення [1].

Схема оперативного управління в умовах виникнення НС показана на рис. 1.

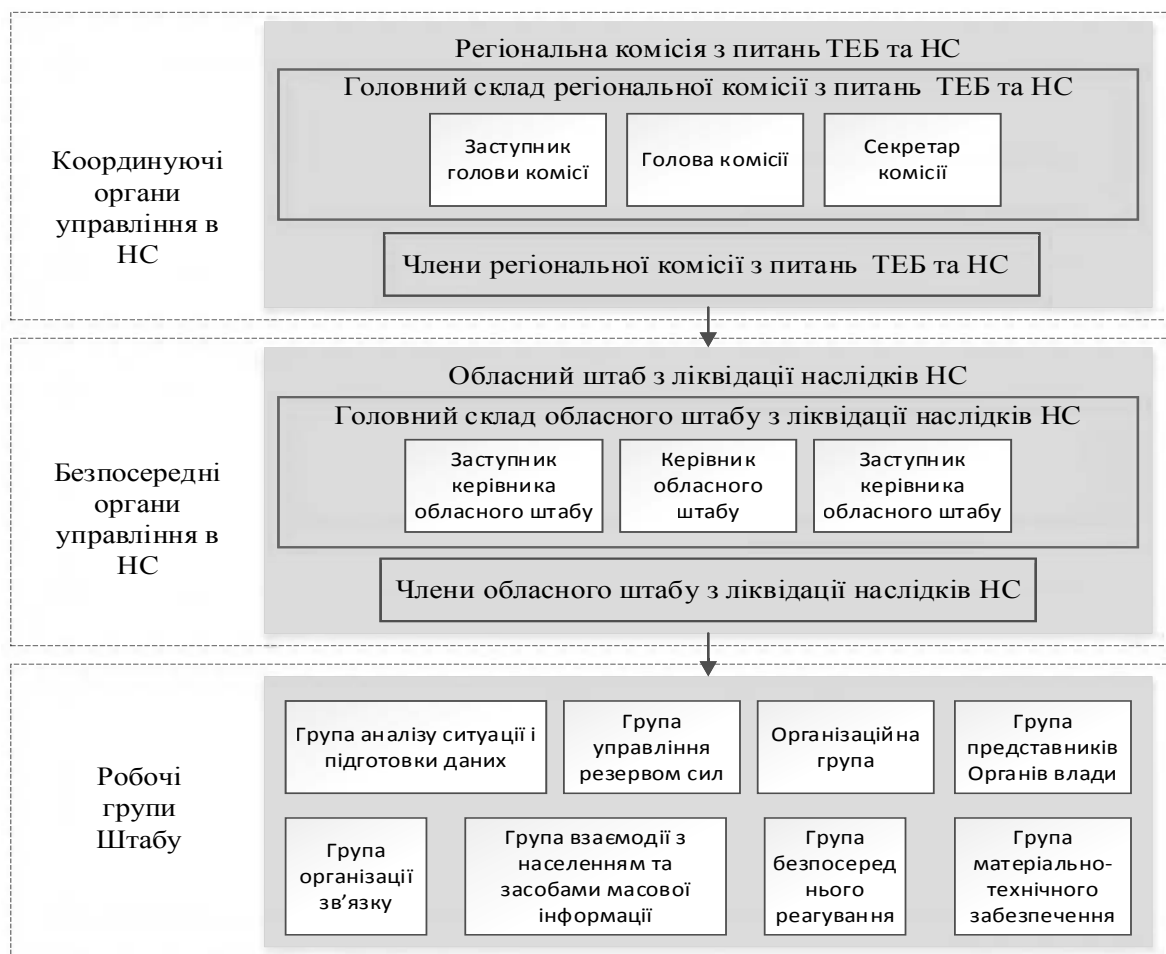


Рис. 1. Схема оперативного управління в умовах виникнення НС

Комісія з питань ТЕБ і НС виконує роль координуючого органу, аналізує, контролює діяльність штабу з ліквідації наслідків НС за допомогою координуючих повідомлень як окремого члена штабу, так і штабу загалом [1].

Штаб з ліквідації наслідків НС виступає як безпосередній орган управління [1]. На цьому рівні координація виконується за принципом менеджер і підрядник. Згідно із цим принципом, керівник штабу є головним менеджером, а члени штабу є водночас менеджерами й підрядниками. На першому етапі головним менеджером оголошується завдання [8]. На другому етапі виконується подання тендерних пропозицій у відповідь на завдання [8]. На третьому етапі головний менеджер виконує вибір підрядника та його субпідрядників за необхідності [8]. Такий самий підхід під час вирішення завдань виконують і менеджери на рівні членів штабу, які виступають водночас підрядником для головного менеджера й менеджером для тих, хто подає тендерні пропозиції вже на цьому рівні.

На рівні робочих груп курівники органів управління виконують розпорядження керівника штабу й за необхідності можуть також бути менеджером і підрядником, тобто самі ініціювати завдання, далі за допомогою тендерних пропозицій знаходити підрядників і субпідрядників.

Кожний представник органу оперативного управління в умовах виникнення НС має свої посадові обов'язки та знання вирішуваних завдань разом із бажаннями, переконаннями, намірами й низкою планів, що відповідає головному складникові мультиагентної парадигми – інтелектуальному агенту (далі – ІА) [8]. ІА також має свої власні бажання, переконання, наміри та бібліотеку планів, що є основними структурами даних, із вирішувачем, який і виконує потрібні розв'язки [8]. Як представники органу оперативного управління ІА також мають сенсори, що сприймають інформацію, та актуатори, що виконують відповідні потрібні дії. Саме такий опис і має один із варіантів архітектури переконань-бажань-намірів (Belief Desire Intention – BDI), а саме процедурно-аргументована система (Procedural Reasoning System – PRS), яка використовується в більшості мультиагентних систем [8].

Якщо біля головного агента відповідного рівня схеми оперативного управління в умовах виникнення НС є додаткові агенти, то обов'язково один із них виконує роль секретаря, що веде системний

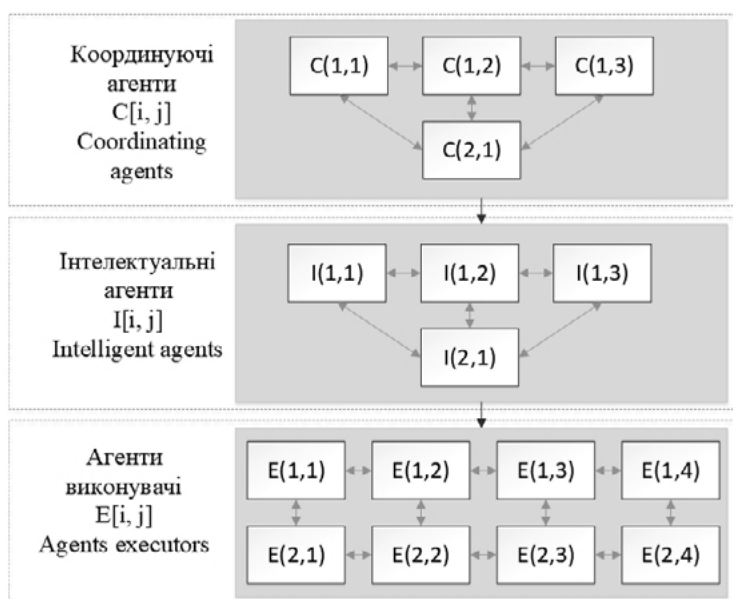


Рис. 2. Схема мультиагентного керування в умовах виникнення НС

журнал, а інший є допоміжним агентом, що може виконувати частину функцій головного агента.

На кожному рівні схеми оперативного управління в умовах виникнення НС представлені агенти свого класу. На рівні комісії з питань ТЕБ та НС – масив координуючих агентів $C[i, j]$. На рівні штабу з ліквідації наслідків НС – масив інтелектуальних агентів $I[i, j]$. На останньому рівні робочих груп – масив агентів-виконувачів $E[i, j]$. Координація між рівнями та на рівнях виконується згідно з описаною моделлю, детально схему мультиагентного керування в умовах виникнення НС продемонстровано на рис. 2. Спілкуються інтелектуальні агенти за допомогою мови комунікації агентів FIPA ACL із використанням транспортного протоколу повідомлень (Message Transport Protocol).

Головні висновки. Отже, процес координаційної взаємодії в системі оперативного управління в умовах виникнення НС із використанням мультиагентної парадигми визначається як система відносин між ІА, що змінюються в часі. ІА є основою системи, що моделює взаємовідносини між представниками органів ліквідації наслідків НС, спираючись на характеристики НС та обмеження, що накладаються навколишнім середовищем у зоні НС, силами та засобами ЦЗ України.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані результати можуть стати основою для подальшого розроблення інформаційної технології координаційної взаємодії органів оперативного управління в умовах виникнення НС із використанням мультиагентної парадигми.

Література

1. Про затвердження Положення про штаб з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації та Видів оперативно-технічної і звітної документації штабу з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації: Наказ Міністерства внутрішніх справ України від 26 грудня 2014 року № 1406. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0047-15>.
2. Шевченко Р.І. Інформаційно-функціональний аналіз системи моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій. Системи обробки інформації. 2015. № 8 (133). С. 148–157.
3. Михайлов Р.Л. Анализ научно-методического аппарата теории координации и его использования в различных областях исследований. Системы управления, связи и безопасности. 2016. № 4. С. 1–29.
4. Зачко О.Б., Головатий О.Р. Мультиагентна модель управління безпекою при плануванні проектів створення об'єктів з масовим перебуванням людей. Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. 2017. № 2 (1224). С. 46–51.
5. Ляшенко Е.Н., Шерстюк В.Г. Разработка модели координации сил и средств в иерархической системе гражданской защиты населения. Технологический аудит и резервы производства. 2015. № 4/2 (24). С. 4–10.
6. Ляшенко Е.Н., Кирийчук Д.Л. Постановка задачи координации в системе гражданской защиты населения от чрезвычайных ситуаций регионального уровня управления. Науковий вісник Херсонської державної морської академії. 2015. № 1 (12). С. 270–276.
7. Lei Zhou Xianhua Wu Zeshui Xu Hamido Fujitad. Emergency decision making for natural disasters: An overview. International Journal of Disaster Risk Reduction. 2018. Volume 27. P. 567–576.
8. Bellifemine Fabio, Caire Giovanni, Greenwood Dominic. Developing multi-agent systems with JADE. John Wiley & Sons Ltd. 2007. С. 303.