

Ложкін Р.С.

Херсонський національний технічний університет

РОЗРОБЛЕННЯ АГЕНТНО-ОРІЄНТОВАНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КООРДИНАЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ В УМОВАХ ВИНИКНЕННЯ ТЕХНОГЕННИХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

У статті описується структура системи оперативного керування в умовах виникнення надзвичайних ситуацій (НС). Розглядається процес координаційної взаємодії в мультиагентній системі оперативного керування в умовах виникнення надзвичайних ситуацій. Досліджуються методи декомпозиції загального завдання на локальні завдання. Вивчаються методи пошуку рішень локальних завдань агентами системи оперативного керування. Виконується пошук алгоритму розв'язання загального завдання мультиагентною системою оперативного керування.

Ключові слова: надзвичайні ситуації, агент, мультиагентна система, система оперативного керування, координація, методи пошуку рішень, методи декомпозиції загального завдання.

Постановка проблеми. Реагування на надзвичайні ситуації (далі – НС) – це складний процес, що потребує швидких, зважених управлінських рішень, метою якого є запобігання та ліквідація НС зі збереженням людських життів, майна, звичайного стану соціальних відносин та інфраструктури. Зазвичай цей процес стикається з низкою проблем, які характерні для подій, що супроводжуються невизначеністю, спонтанністю, непередбачуваністю в зоні виникнення НС. У таких ситуаціях гостро стоїть питання координації взаємодії, актуальності прийнятих управлінських рішень, компетенцій як осіб, які приймають управлінські рішення, так і підрозділів, які виконують ліквідаційні роботи. Згідно з наказами та положеннями України, у разі виникнення НС створюється система оперативного керування, яка складається з комісії з питань техніко-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій, штабу з ліквідації НС і робочих груп. Якщо зазначити, що посадові особи в системі оперативного керування в умовах виникнення НС є діючими інтелектуальними елементами цієї системи й можуть спілкуватися між собою, вирішувати завдання, то нескладно буде зробити порівняння посадових осіб із агентами мультиагентної системи, які виконують дії посадових осіб і спроможні приймати власні рішення, вирішуючи загальні завдання, що ставляться перед системою за короткий проміжок часу. Тому розроблення мультиагентної системи оперативного керування та методів координації взаємодії в системі є важливим науково-практичним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Автори в роботі [2] порушують питання доцільності впровадження сучасних технологій, насам-

перед мультиагентних систем, для вирішення питань екологічного моніторингу в Україні. Також у роботі розглядаються мультиагентні системи та можливість їх застосування для потреб Державної системи екологічного моніторингу довкілля України, досліджуються проблеми екологічного моніторингу в Україні.

У праці В.В. Мельникова [3] досліджується проблема підтримки прийняття рішень із застосуванням мультиагентної парадигми. Розглядаються переваги мультиагентного підходу побудови систем підтримки прийняття рішень (далі – СППР) порівняно з класичними підходами. Досліджується архітектура Web-орієнтованої мультиагентної СППР.

У роботі В.А. Савченко [4] вивчає проблему пошуково-рятувальних робіт і процес координаційної взаємодії членів груп між собою та керівником із використанням систем підтримки прийняття рішень, основою яких є мультиагентні структури. Розробляються модель мультиагентної структури, методи визначення небезпечних квадрантів, алгоритми пошуково-рятувальних робіт, модель поведінки пошукового агента в разі отримання завдання.

У праці О.М. Мирошник [5] порушує проблему обробки інформації під час виникнення НС і прийняття управлінських рішень. Для опису процесу ліквідаційних робіт використовували подієвотемпоральну логіку. Розглядається ситуаційна модель прийняття рішень, метод двоетапної обробки інформації для знання орієнтованої підтримки прийняття рішень в умовах техногенних аварій. Вивчається структура інформаційної технології підтримки прийняття рішень під час виникнення НС.

У роботі [6] автори розглядають Web-орієнтовану мультиагентну систему підтримки прийняття рішень WIPER для виявлення можливих НС і пропонують напрями дій для ліквідації НС. Система розроблена як мультиагентна Web-орієнтована система із застосуванням архітектури сервісів. Розглядаються методи збирання даних як для самої системи, так і для геоінформаційної компоненти системи. Пропонуються підходи включення та відключення можливостей системи як окремих Web-сервісів для забезпечення користувачів лише потрібною інформацією. Досліджуються методи побудови моделі збирання вхідної інформації за допомогою мережі стільникових телефонів.

У праці [7] досліджується проблема розроблення мультиагентної системи для реагування на НС за допомогою інструментів моделювання, які генерують вихідний код програми. Розглядаються мова й інструменти моделювання ERE-ML, ERE-ML TOOL відповідно. Вивчаються результати проведених імітаційних моделювань виникнення НС із використанням розроблених мови й інструменту для перевірки запропонованого підходу.

Постановка завдання. Метою статті є дослідження процесу координаційної взаємодії в мультиагентній системі оперативного керування в умовах виникнення НС, дослідження методів декомпозиції загального завдання на локальні завдання й методів пошуку рішень локальних завдань агентами мультиагентної системи.

Виклад основного матеріалу дослідження. У разі виникнення НС на місцевому й обласному рівнях формується оперативний орган керування, завданнями якого є ліквідація НС, евакуація населення у сховища, локалізація розповсюдження зони НС, аварійно-рятувні та відновлювальні роботи [1, с. 2]. Для успішного виконання своїх обов'язків у системі оперативного керування використовуються системи підтримки прийняття рішень, які мають низку недоліків та обмежень. На зміну цим системам у сучасний світ прийшли нові технології, які ґрунтуються на останніх наробках у теоріях систем, розподіленому штучному інтелекті й теорії прийняття рішень. На рис. 1 схематично зображено структуру системи оперативного керування в умовах виникнення НС з лівого боку та її мультиагентне подання – з правого боку. Кожний рівень мультиагентної системи має свою назву відповідно до функцій і завдань, що покладені на нього. Система має ієрархічну структуру відповідно до кожного рівня системи оперативного керування.

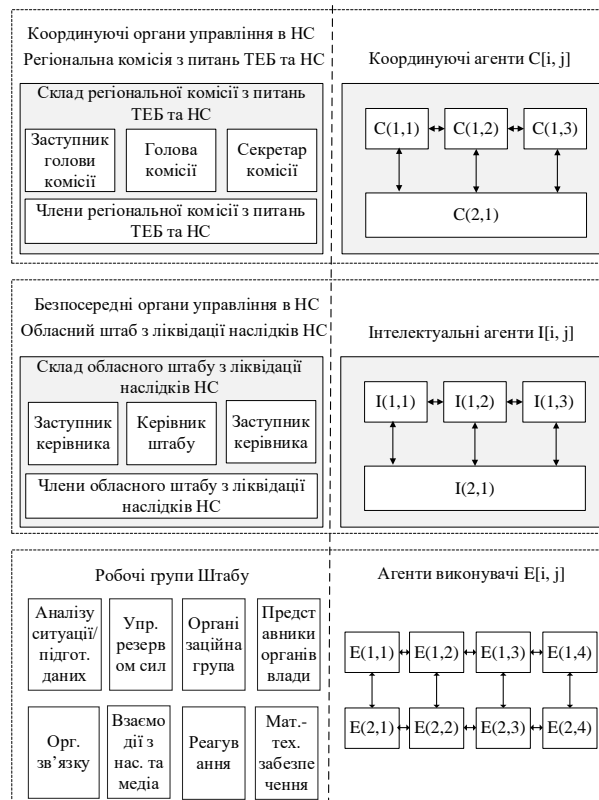


Рис. 1. Схема оперативного та мультиагентного керування в умовах виникнення НС

Відповідно до структури, зазначеної на рис. 1, кожен рівень має свою роль.

Координуючу функцію в умовах НС виконують координуючі агенти (далі – КА) C [i, j], тобто комісія з питань техніко-екологічної безпеки (далі – ТЕБ) і НС. Пошук рішень загального завдання системи виконують інтелектуальні агенти (далі – ІА), тобто обласний штаб з ліквідації наслідків НС. Агенти-виконавчі (далі – АВ) E [i, j] використовуються як допоміжні ІА.

Вхідною інформацією для системи оперативного керування є картка НС, у якій зазначається вся необхідна інформація, а саме: дані про розташування зони НС, час виникнення НС, характер НС, умови навколишнього середовища, кількість населення, яке розташоване поблизу зони НС, опис місцевості й об'єктів у зоні НС, під'їзди та від'їзди до зони НС, кількість і розташування сховищ від НС, шляхи підходу до сховищ. Результатом функціонування системи оперативного керування вважається розроблений план дій у зоні виникнення НС.

Основним складником мультиагентної системи є агенти [9, с. 3]. Агентом є програмно реалізований, формалізований опис діючої особи в системі оперативного керування в умовах виникнення НС,



Рис. 2. Блок-схема загального алгоритму розрахунку плану дій агентами мультиагентної системи в умовах виникнення НС

а структура, у якій знаходяться агенти, є мультиагентною системою [9, с. 4]. Використання мультиагентного підходу є вдалим варіантом для систем, де ключовими факторами є невизначеність, спонтанність, нестача часу, на відміну від класичних систем підтримки прийняття рішень, які є більш жорстко організованими й підпорядковуються чіткій логіці та не здатні підлаштовуватися під швидкоплинні умови навколишнього середовища.

КА координують взаємодію інтелектуальних агентів $I(i, j)$ та агентів виконувачів $E(i, j)$, передають розпорядження агенту керівника штабу, декомпонують загальне завдання на локальні завдання та компонують готові рішення локальних завдань у загальне рішення системи [9, с. 6].

Агенти на рівні штабу мають власні бази знань і засоби міркувань, що й робить їх ІА, які спроможні брати завдання та просити допомоги в інших агентів за необхідності. На цьому рівні координація взаємодії агентів виконується за принципом тендерних торгів, де агент керівник штабу керує проведенням тендерних торгів локальних завдань [9, с. 7]. ІА-члени штабу вже самі подають свої кандидатури на розв'язання локальних завдань, агент-керівник штабу може тільки контролювати процес розподілення локальних завдань між ІА.

Якщо розглядати структуру системи оперативного керування, то можна чітко розділити координуючих агентів та інтелектуальних агентів за ознаками їхніх функцій, які вони виконують, та завданнями, що вирішуються, але якщо звернути свою увагу вже на агентів-виконувачів і розтлумачити функції агентів на цьому рівні, то можна дійти висновків, що немає чіткої демаркації ІА та АВ. Виходячи із цього, агент-керівник штабу має безпосередній доступ до АВ, які також залучаються до процесу розв'язання локальних завдань.

Загальний алгоритм розрахунку плану дій агентами мультиагентної системи в умовах виникнення НС можна подати в такому вигляді:

1. До системи передаються вхідні дані.
2. КА декомпонують завдання на локальні завдання, якщо немає всіх рішень локальних завдань.
3. КА передають локальні завдання ІА керівникові штабу.
4. ІА керівник штабу розміщує декомпоновані локальні завдання на дошці оголошень.
5. ІА керівник штабу ініціює тендерні торги за принципом менеджер і підрядник.
6. ІА беруть на виконання локальні завдання, що розміщені на дошці оголошень.
7. Якщо ІА не може вирішити локальне завдання, тоді кроки з 2 по 6 повторюються.
8. ІА, який не зміг вирішити завдання, ініціює декомпонування локального завдання.
9. ІА керівник штабу передає всі вирішені локальні завдання КА.
10. КА компонують всі рішення.
11. КА формують план дій.

На рис. 2 подано блок-схему загального алгоритму розрахунку плану дій агентами мультиагентної системи в умовах виникнення НС.

Окремо треба розглянути методи декомпонування загального завдання на локальні завдання та методи пошуку локальних рішень ІА. Доцільно використати методи пошуку, що керовані цілями з використанням підходу генерації рішення та його перевірки. Пошук виконується за допомогою побудови ієрархії рішень, яку можна подати у вигляді графа рішень. Кожна вершина цього графа є окремою підмножиною рішення загального завдання, а виділення підмножин із простору рішень є процесом декомпонування загального завдання. Пошук рішення локального завдання відбувається в окремій підмножині простору рішень, тобто вершині графа рішень, це є процесом вирішення локального завдання ІА. Згідно із загальним алгоритмом розрахунку плану дій, перевірку правильності рішення локального завдання ІА треба виконувати на кожній вершині графа рішень. Для перевірки правильності рішення локального завдання достатньо бази знань на рівні ІА. У разі виявлення хибності рішення локального завдання відповідна вершина графа рішень видаляється з усіма дочірніми вершинами, тобто підмножина простору рішень видаляється з усіма дочірніми підмножинами.

Правильне чи хибне рішення локального завдання можна перевірити за допомогою оці-

ночних функцій. Оціночна функція формується з вхідних даних картки НС та евристик, що характеризують значущість кожного параметра навколишнього середовища в зоні виникнення НС. Під час розв'язання всіх локальних завдань і в разі досягнення крайніх вершин графа рішень агент-керівник штабу передає повідомлення до координуючих агентів, що загальне завдання вирішено й можна починати процес компонування готових рішень. Компонуються готові рішення за зворотнім принципом згідно з методами декомпонування загального завдання, і система оперативного керування формує готовий план дій в умовах виникнення НС кінцевому користувачу.

Висновки. У роботі побудовано структурну схему системи мультиагентного оперативного керування в умовах виникнення НС. Під час дослідження процесу координаційної взаємодії в системі визначено ролі інтелектуальних агентів. Розроблено загальний алгоритм розрахунку плану дій агентами мультиагентної системи оперативного керування, а також методи декомпозиції загального завдання на локальні завдання, методи пошуку рішень локальних завдань інтелектуальними агентами.

Список літератури:

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> (дата звернення: 17.01.2019).
2. Лабжинський В.А. Розробка мультиагентної системи обробки даних для забезпечення екологічного моніторингу. *Вісник НТУ «ХПІ» Серія «Нові рішення в сучасних технологіях»*. Харків: НТУ «ХПІ». 2013. № 26 (999). С. 113–123.
3. Мельников В.В. Мультиагентна система підтримки прийняття рішень в інформаційних кластерах. *Причорноморські економічні студії*. 2016. № 4. С. 109–115.
4. Савченко В.А. Модель руху пошукового агента при координації управління. *Системи обробки інформації*. 2011. № 4 (94). С. 278–280.
5. Мирошник О.М. Комп'ютерна підтримка прийняття рішень в умовах техногенних надзвичайних ситуацій на основі ситуаційного управління. *Системи управління, навігації та зв'язку*. № 4 (32). С. 171–178.
6. Timothy Schoenharl, Greg Madey, Gabor Szabo, Albert-Laszlo Barabasi WIPER: A Multi-Agent System for Emergency Response. Proceedings of the 3rd International ISCRAM Conference (B. Van de Walle and M. Turoff, eds.). Newark. NJ (USA). May 2006. P. 1–7.
7. Samaneh Hoseindoost, Tahereh Adamzadeh, Bahman Zamani, Afsaneh Fatemi A model-driven framework for developing multi-agent systems in emergency response environments. *Software & Systems Modeling*. 2017. P. 1–28.
8. Bellifemine, Fabio. Developing multi-agent systems with JADE Fabio Bellifemine, Giovanni Caire, Dominic Greenwood. John Wiley & Sons Ltd. 2007. 303 p.

**РАЗРАБОТКА АГЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
КООРДИНАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ
ТЕХНОГЕННЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

В статье описана структура системы оперативного управления в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС). Рассмотрен процесс координационного взаимодействия в мультиагентных системах оперативного управления в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций. Исследованы методы декомпозиции общей задачи на локальные задачи. Изучены методы поиска решений локальных задач агентами системы оперативного управления. Выполнен поиск алгоритма решения общей задачи мультиагентной системой оперативного управления.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, агент, мультиагентная система, система оперативного управления, координация, методы поиска решений, методы декомпозиции общей задачи.

**DEVELOPMENT OF AGENT-ORIENTED INTELLIGENT COORDINATION CONTROL
SYSTEM IN THE CONDITIONS OF MAN-MADE EMERGENCIES**

This paper describes the structure of the operational control system in the conditions of emergencies. It's is considered the interaction coordination process in the multi-agent operational control system in the conditions of emergencies occurrence. This Paper investigates decomposition general task methods to local tasks. The methods of local tasks searching solutions by agents of the operational control system. It's performed search for the general task solving algorithm with the multi-agent operational control system.

Key words: Emergencies, Agent, Multi-Agent System, Operational Control System, Coordination, solution search methods, General Task Decomposing Methods.