

На основі геометричних параметрів триангуляції будується матриця у контексті застосування методу скінченних елементів із значень функцій форми симплекс-елементів. Ця матриця буде використовуватися для побудови системи рівнянь, потрібних для розв'язку задачі нестационарного тепломасоперенесення у двовимірній області.

Висновки. Розроблено прикладне програмне забезпечення для автоматизації процесу триангуляції двовимірних областей з використанням архітектури паралельних обчислень CUDA. Створений графічний інтерфейс дає змогу задати геометричні параметри досліджуваної області, а також отримувати кількісні характеристики триангуляції для оцінки ефективності роботи алгоритмів.

Паралельна реалізація алгоритму триангуляції "прямої побудови" дає змогу зменшити час, потрібний для проведення дискретизації досліджуваної області, та зменшити затрати пам'яті, завдяки використанню ресурсів графічного процесора. Це програмне забезпечення буде інтегровано до програмного комплексу для скінченно-елементного розрахунку тепломасоперенесення у капілярно-пористих матеріалах.

Література

1. Ильин В.П. Методы и технологии конечных элементов / В.П. Ильин. – Новосибирск. – 2007. – С. 370-376.
2. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://kniga.scienceontheweb.net/variant-ispolzovaniya>
3. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.uk.wikipedia.org>.
4. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.nvidia.ru/object/cuda-parallel-computing-ru.html>
5. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.nvidia.ru/object/cuda-openacc-online-course-ru.html>
6. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://vk.com/nvidiacuda>.
7. Яненко Н.Н. О вариационном методе построения сеток // Численные методы механики сплошной среды // Яненко Н.Н., Данаев Н.Т., Лисейкин В.Д. – Новосибирск. – 1987. – Т. 8, № 4. – С. 157-163.
8. Копысов С.П. Сравнение g- и h-версий МКЭ на примере задач теории упругости / С.П. Копысов, А.К. Новиков // Актуальные проблемы прикладной математики и механики : матер. Междунар. науч.-техн. конф. 3-7 фев., 2003 г. – Екатеринбург, 2003. – С. 44-45.
9. Новиков А.К. Параллельная h-версия МКЭ в решении двухмерных задач теории упругости / А.К. Новиков. – Ижевск, 2004. – С. 6-18.
10. Сковорцов А.В. Обзор алгоритмов триангуляции Делоне / А.В. Сковорцов // Вычислительные методы и программирование : сб. науч. тр. – 2002. – Т. 3. – С. 14-39.
11. Сковорцов А.В. Триангуляция Делоне и её применение / А.В. Сковорцов. – Томск : Изд-во Томского ун-та, 2002. – С. 128.
12. Сковорцов А.В. Эффективное алгоритмы построения триангуляции Делоне / А.В. Сковорцов, Ю.Л. Костюк // Геоинформатика. Теория и практика : сб. науч. тр. – Томск : Изд-во Томского ун-та. – 1998. – Вып. 1. – С. 22-47.
13. Яненко Н.Н. О вариационном методе построения сеток / Н.Н. Яненко, Н.Т. Данаев, В.Д. Лисейкин // Численные методы механики сплошной среды : сб. науч. тр. – Новосибирск : Изд-во "Наука". – 1987. – Т. 8, № 4. – С. 157-163.
14. DSP Hybrid. CUDAfy user manual / Hybrid DSP // CUDAfy user manual. – USA. – 2015. – С. 45-48.
15. Препарата Ф. Вычислительная геометрия / Ф. Препарата, М. Шеймос. – USA. – 1989. – С. 94-97.
16. Соколовський Я.І. Програмний комплекс автоматизації скінченно-елементної дискретизації двовимірних областей / Я.І. Соколовський, О.П. Сікала // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. – Львів : Вид-во Центру математичного моделювання ін-ту прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України. – 2014. – Вип. 19. – С. 176-188.

Надійшла до редакції 15.09.2016 р.

Соколовский Я.И., Нечепуренко А.В., Герасимчук О.П. Программное обеспечение конечно-элементной дискретизации 2D областей с использованием параллельных вычислений CUDA

Осуществлена программная реализация конечно-элементной дискретизации двумерной области с помощью алгоритма "прямой построения". Программное обеспечение для автоматизации конечно-элементной дискретизации разработано на платформе .NET Framework на языке программирования C# с использованием технологий параллельных вычислений CUDA. Проектирование программной системы осуществлено с помощью UML диаграмм. Созданный интерфейс пользователя позволяет задавать параметры триангуляции и разбивать параметры дискретизации в заданных областях.

Ключевые слова: объектно-ориентированная модель, триангуляция, конечно-элементная дискретизация, k-d дерево, CUDA.

Sokolovskyy Y.I., Nechepurenko A.V., Gerasymchuk O.P. Software Finite-Element Sample 2D Domains Using CUDA Parallel Computing

Software implementation of finite-element two-dimensional sampling area using the direct construction algorithm is made. Software for automation of finite-element sample is developed on the .NET Framework programming language C # using technologies of parallel computing CUDA. Design software system is implemented using UML diagrams. Created user interface allows you to set parameters triangulation and break options sampling in specified areas.

Keywords: object-oriented model, triangulation, finite-element sampling, k-d tree, CUDA.

УДК 621.3

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ДЛЯ ОБЧИСЛЕННЯ КЛАСТЕРІВ У БАЗАХ ДАНИХ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ

Є.Н. Федорчук¹, Ю.Є. Федорчук²

Розглянуто задачі та алгоритми пошуку кластерів у базах даних. Розширено класи задач із використанням оптимізаційних критеріїв для оцінки кластера.

Проаналізовано ефективність підходу до обчислення кластерів у базах даних на основі оптимізаційних критеріїв. Підхід ґрунтується на зведенні дискретної задачі оптимізації до неперервної задачі. Така апроксимація забезпечує швидкий пошук кластерів з контрольованою похибкою. Проаналізовано два алгоритми вирішення задачі. Перший – на основі розбиття області обмежень. Другий – на основі ітераційних алгоритмів. Практична реалізація алгоритмів використовує дві групи операцій. Перша група виконує обчислення елементів кластера в області неперервних обмежень. Друга група виконує уточнення елементів кластера в області дискретних обмежень для бази даних. Наведено алгоритм, технологію і результати пошуку кластерів для бази даних.

Ключові слова. кластер, задача кластеризації, оптимізаційний критерій, дискретна задача оптимізації, розбиття області обмежень, база даних, бізнес-процес.

Вступ. У задачах пошуку кластерів у БД, призначених для підтримки технологічних бізнес-процесів, часто використовують умовні поняття для назв кластерів. Це можуть бути: конфігурації комп'ютерів [1], набори товарів (продуктовий кошик) [2], послуг, банківські портфелі, логістичні транспортні класери [3]. Основною характеристикою таких кластерів часто є такі найбільш поширені види оцінок-критеріїв:

¹ доц. Є.Н. Федорчук, канд. техн. наук – НУ "Львівська Політехніка";

² аспір. Ю.Є. Федорчук – Львівський торговельно-економічний університет.

1. *Товари*: кількісно-вартісна оцінка; кількісно-вагова оцінка;
2. *Послуги*: кількісно-вартісна оцінка;
3. *Транспортні засоби*: кількісно-вартісна оцінка.

Отже, мірою включення об'єктів в кластери є визначені характеристики об'єктів. Важливою проблемою для пошуку кластерів у великих базах товарних даних є вибір пошукових критеріїв. Тому узагальнення досвіду, розширення класів задач кластеризації та дослідження методів їх вирішення є актуальним завданням і має практичне значення для вирішення проблеми кластеризації в БД.

Мета роботи – розширення класифікації оптимізаційних задач обчислення кластерів у БД і якісна та практична оцінка характеристик алгоритмів обчислення кластерів.

Класифікація задач кластеризації. Існує ряд задач кластеризації, для яких у ролі критеріїв оцінки виступає характеристика – вартість кластера. Подано класифікацію задач, в яких поняття вартості може включати:

1. Вартість вибраних продуктових товарів у наборі (продуктовому кошику);
2. Вартість вибраних технічних товарів у наборі (конфігурації комп'ютера, антенного комплексу, відеокomплексу, охоронного комплексу, комп'ютерної мережі, набору ПЗ);
3. Вартість вибраних з переліку послуг (лікувальних, оздоровчих);
4. Вартість обраного проживання в переліку місць проживання;
5. Вартість оплати спожитих послуг для кластера-групи населення;
6. Вартість банківського кредиту для кластера-групи населення;
7. Вартість перевезень пасажирів кластером транспортних засобів;
8. Вартість комплексу медичних послуг в окремій фірмі.

До іншого класу задач можна віднести пошук кластерів на основі критерію – кількості матеріальних або людських ресурсів. Це можуть бути задачі оцінювання, прогнозування, планування. Приклади задач:

1. Кількість перевезеного вантажу кластером вантажних засобів (автомобілів, кораблів, вагонів);
2. Кількість перевезених пасажирів на окремому маршруті кластером пасажирських засобів (бусів, таксі);
3. Кількість технічних засобів для ліквідації НЧС чи проведення операції з евакуації у кластері (групі) населення;
4. Кількість засобів для виконання бойової операції (кластер засобів зброї, одягу, додаткового спорядження);
5. Кількість (площа) ділянок кластера, засіяних зерновими культурами;
6. Оцінка рейтингу на основі кластера поточних оцінок навчання.

Алгоритм пошуку кластерів на основі розбиття області обмежень. Розглянемо задачу пошуку кластера в БД як задачу пошуку товарного кластера заданої вартості C_{con} . Нехай у базі є n -груп товарів. Кластер утворює сукупність товарів, яка формується вибором окремого товару з кожної групи. У кожній групі є більше одного товару з дискретними значеннями вартості. Для кожної групи можна шляхом сортування задати границі вартості

$$C_{i,\min}, C_{i,\max}, i \in [1, n], \quad (1)$$

де $C_{i,\min}, C_{i,\max}$ – мінімальна та максимальна вартість окремого товару в i -тій групі відповідно. Вважаємо, що такі границі для всіх груп товарів утворюють неперервну область обмежень задачі пошуку кластерів.

Обчислення цінового кластера полягає у виборі з кожної групи елемента із вартістю C_i . Показано в [1], що при неперервній області обмежень (1) для кластера із заданою апріорі вартістю

$$C_{con} = \sum_{i=1}^n C_i \quad (2)$$

на основі виразу

$$p = \frac{\sum_{i=1}^n C_{i,\max} - \sum_{i=1}^n C_{i,\min}}{\sum_{i=1}^n C_i - \sum_{i=1}^n C_{i,\min}} \quad (3)$$

можна обчислити p – коефіцієнт розбиття області обмежень, $p \geq 1$.

За допомогою коефіцієнта p обчислюють вартості вибраних елементів для кожної групи товарів на основі таких виразів:

$$C_i = \frac{C_{i,\max} + (p-1) \cdot C_{i,\min}}{p}, i \in [1, n].$$

Обчислені значення C_i знаходяться всередині області обмежень. Їх використовуємо для формування критеріїв пошуку у відсортованих n -групах товарів з БД. У ролі критеріїв виступають логічні вирази – умови пошуку

$$C_{i,БД} \geq C_i,$$

де $C_{i,БД}$ – знайдений дискретний елемент в i -тій групі БД з вартістю, найближчою до обчисленої алгоритмом вартості C_i . Тоді обчислений кластер оцінюється виразом

$$C_{con} = \sum_{i=1}^n C_{i,БД}. \quad (4)$$

Особливості цього алгоритму:

- первинна задача кластеризації розбивається на дві взаємопов'язані задачі: задачу розбиття області обмежень, обчислення елементів кластера та задачу інформаційного пошуку в БД для уточнення елементів кластера;
- обчислюється тільки один кластер заданої апріорі вартості. Однак таких кластерів може бути багато, бо задача кластеризації є комбінаторною. Так, для БД, в якій є n -груп елементів та m -елементів у кожній групі, кількість комбінацій для елементів кластера сягає n^m ;
- складність обчислень алгоритму оцінюється як $O(N_1+N_2)$, де N_1 – кількість операцій для обчислення коефіцієнта розбиття та обчислення вартостей елементів кластера; N_2 – кількість операцій пошуку для уточнення дискретних вартостей кластера в БД. Така оцінка свідчить про лінійну масштабованість алгоритму для великих об'ємів даних у БД.

Оптимізаційний алгоритм обчислення кластерів. За наявності n -відсортованих груп у БД дискретну задачу оптимізації можна звести до задачі неперервної параметричної оптимізації так: знайти мінімум функції

$$\Phi = \sum_{i=1}^n (C_i - C_{con})^2 \quad (5)$$

при неперервних обмеженнях на вартості товарів кожної групи

$$C_{i,min} \leq C_i \leq C_{i,max}, i \in [i, n]. \quad (6)$$

У такій постановці задача зводиться до задачі умовної неперервної оптимізації. Для розв'язування задач використали ітераційні методи, які описуються формулою

$$x_{k+1} = x_k + h_k \cdot s_k, \quad (7)$$

де: k – індекс ітерації; x_k – значення вектора x на k -тій ітерації; h_k – крок пошуку по напрямку; s_k – вектор, який визначає тип методу. Зокрема, використано метод нульового порядку (метод покоординатного пошуку) і метод першого порядку (метод найшвидшого спуску).

Розв'язок неперервної задачі оптимізації є наближенням до розв'язку дискретної задачі. Обчислені значення C_i використовуються для формування критеріїв пошуку у відсортованих n -групах товарів з БД. У ролі критеріїв виступають аналогічні до попереднього алгоритму вирази – умови пошуку: $C_{i,БД} \geq C_i$. Можливості оптимізаційних алгоритмів:

- первинна задача кластеризації розбивається на дві взаємопов'язані задачі: розв'язування задачі параметричної оптимізації, обчислення елементів кластера та задачу інформаційного пошуку в БД для уточнення елементів кластера;
- функція в (2) є багатоекстремальною;
- є можливість обчислювати множину кластерів з однаковою, заданою априорі вартістю, але з різними типами товарів. Це є актуальним для великих БД;
- алгоритм можна використати для пошуку кластерів, для яких обираються товари не по одному з групи, а з різною кількістю.

Операції алгоритмів пошуку кластерів. На основі викладеного аналізу алгоритмів обираються операції обчислень кластера із заданою вартістю C_{con} . Алгоритм обчислення кластера на основі розбиття області обмежень включає дві групи операцій [3]. Операції з першої групи:

- аналіз бази даних для визначення кількості груп елементів;
- сортування за вартістю в кожній групі;
- обчислення граничних значень обмежень у групах;
- визначення потрібної вартості кластера C_{con} .

Друга група операцій:

- обчислення коефіцієнта розбиття p ;
- обчислення вартостей C_i для елементів кластера;
- формування пошукового критерію-запиту для дискретних вартостей у кожній товарній групі бази даних;
- пошук елементів кластера в базі даних товарів за результатами обчислень.

Алгоритм обчислення кластера на основі оптимізаційного критерію включає також дві групи операцій. Операції першої групи є аналогічними до попереднього алгоритму.

Друга група виконує:

- обчислення алгоритмом оптимізації елементів C_i – цінового кластера;

- формування пошукового критерію-запиту для дискретних вартостей у кожній товарній групі бази даних;
- пошук елементів кластера в базі даних товарів за результатами обчислень.

Похибка обчислень для заданої вартості кластера C_{con} , виконаних за допомогою розглянутих алгоритмів, визначається з виразу (4) як

$$dC = C_{con} - \sum_{i=1}^n C_{i,БД}.$$

Очевидно, що вона може легко коригуватись у процесі інформаційного пошуку в БД за рахунок підбору значень $C_{i,БД}$ – вартостей у БД. На рисунку подано загальну схему обчислення кластерів за допомогою розглянутих алгоритмів.



Рис. Схема для обчислення кластерів

У роботах [2, 3] наведені результати вирішення задач кластеризації, у яких використано подані вище алгоритми оцінювання кластерів. Для бази даних, яка містила інформацію про 2000 тис. записів-елементів конфігурації комп'ютера, задано вартість конфігурації 3000 грн. Конфігурація визначалась з 20-ти груп елементів по одному елементу з групи. Результати пошуку двох кластерів: час пошуку – 0,45 с для процесора із тактовою частотою 2 ГГц, знайдена вартість – 3252 грн. Похибка становить 252 грн, і є на рівні 10 % [2].

Висновки. Розглянуті задачі та алгоритми обчислення кластерів в БД є важливими для моделювання технологічних бізнес-процесів, пов'язаних з використанням великих об'ємів даних. Економічний ефект полягає в автоматизації рутинних робіт з перебору великої кількості варіантів задач, високий швидкості обчислень добре масштабованих оптимізаційних алгоритмів та контрольованій точності пошуку кластерів. Це дає змогу покращувати якість рішень для підтримки бізнес-процесів.

Література

1. Федорчук Є.Н. Алгоритми і технології пошуку кластерів на основі оптимізаційних критеріїв для товарних баз даних / Є.Н. Федорчук // Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика : зб. наук. праць. – 2007. – Вип. 591. – 48-52 с.
2. Fedorchuk Ye. Modelling of discrete problems of optimization for search criteria in databases / Ye. Fedorchuk, Dm. Smetana // Proceedings of the international conference on computer science and information technologies. September 27th-29th, Lviv, Ukraine / CSIT'2007. – Pp. 165-166.
3. Федорчук А.І. Застосування кластерного аналізу для прогнозування вмісту продуктового кошика / А.І. Федорчук, Є.Н. Федорчук, О.С. Шайда // Економіка: проблеми теорії та практики : зб. наук. праць. – 2008. – Вип. 238, т. 3. – Pp. 485-490 с.

Надійшла до редакції 22.09.2016 р.

Федорчук Е.Н., Федорчук Ю.Е. Моделирование процесса для вычисления кластеров в базах данных для технологических бизнес-процессов

Рассмотрены задачи и алгоритмы поиска кластеров в базах данных. Расширены классы задач с использованием оптимизационных критериев для оценки кластера.

Проаналізована ефективність підходу к вычислению кластеров в базах данных на основе оптимизационных критериев. Подход основывается на приведении дискретной задачи оптимизации к непрерывной задаче. Такая аппроксимация обеспечивает быстрый поиск кластеров с контролируемой погрешностью. Проанализированы два алгоритма решения задачи. Первый – на основе разбиения области ограничений. Второй – на основе итерационных алгоритмов. Практическая реализация алгоритмов использует две группы операций. Первая группа выполняет вычисления элементов кластера в области непрерывных ограничений. Вторая группа выполняет уточнения элементов кластера в области дискретных ограничений для базы данных. Приведены алгоритм, технология и результаты поиска кластеров для базы данных.

Ключевые слова: кластер, задача кластеризации, оптимизационный критерий, дискретная задача оптимизации, разбиение области ограничений, база данных, бизнес-процесс.

Fedorchuk Ye.N., Fedorchuk Yu.Ye. Modeling Tasks Computing Clusters Databases for Technological Business Processes

The tasks and algorithms for finding clusters in databases are studied. Extended classes of problems using optimization criteria for assessing cluster are set. The effectiveness of the approach to computing clusters in databases are based on optimization criteria. The approach is based on the construction of discrete optimization problem for continuous task. This approximation provides a quick search clusters with controlled accuracy. The two algorithms for solving the problem are analyzed. The first algorithm is based on partition area constraints. The second one is based on iterative algorithms. Practical implementation of algorithms using two groups of transactions is offered. The first group performs calculations cluster elements in continuous restrictions. The second group takes clarify elements of the cluster in discrete constraints for the database. An algorithm technology and results of clusters for the database are proposed.

Keywords: cluster, the problem of clustering criterion optimization, discrete optimization problem, splitting area restrictions, database, business process.

УДК 351.861

МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ АНТИПІРЕНІВ ВСЕРЕДИНІ ВОГНЕЗАХИЩЕНОЇ ДЕРЕВИНИ

С.М. Чумаченко¹, С.В. Жартівський², О.М. Тітенко³, В.В. Троцько⁴

Розроблено методику створення моделі розподілу антипіренів всередині вогнезахисної деревини. Ця методика дає змогу здійснювати моделювання оптимального складу речовини для просочування деревини поверхневими методами з метою протипожежного захисту. Моделювання розподілу антипіренів всередині незахищеної деревини дасть змогу створювати еталонні бази даних для оцінювання потрібної кількості антипіренів, які утримуються в поверхневих шарах деревини після її просочення різними вогнезахисними речовинами. Створені таким чином бази даних доцільно використовувати для контролю якості вогнезахисних робіт на об'єктах.

Ключові слова: методика, модель, антипірени, вогнезахисне просочення, вогнезахисні засоби.

Актуальність теми. Використання деревини в сучасному будівництві є досить поширеним. Її застосовують також і на створенні критично важливих

об'єктів підвищеної пожежонебезпеки. Це створює додаткове пожежне навантаження на будинки і споруди спеціального призначення та вимагає вирішення питання якісного вогнезахисту деревини, яка входить до складу будівельних конструкцій. Це питання не втрачає своєї актуальності в сучасних умовах [1, 2].

Особливої уваги набуває питання контролю вогнезахисту деревини на об'єктах критичної інфраструктури (ОКІ). Оскільки деревина є легкозаймистим матеріалом, незахищені дерев'яні конструкції можуть займатися навіть від малокалорійних джерел займання, тобто вони є надзвичайно вразливими в умовах сьогодення, коли ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій, зумовлених загораннями і пожежами внаслідок дії таких чинників як терористичні атаки, істотно зростає. Виходячи з цього, дослідження питання вогнезахисту деревини сьогодні вкрай актуальні.

Попередні дослідження за темою. Аналіз відповідних наукових публікацій у цій галузі дав змогу визначити невирішені традиційними методами часткові складові компоненти загальної проблеми підвищення вогнезахисту деревини на ОКІ. Так, в Європейському Союзі методи контролю вогнезахисту деревини ґрунтуються на підходах термічного аналізу [3]. Для цього використовують лабораторні методи з використанням кон-калориметрів [4] та установок визначення кисневого поглинання [5], які належать до емпіричних методів наукового дослідження. На сьогодні ці методи доцільно використовувати під час визначення ефективності вогнезахисних засобів або для контролю ступеня вогнезахисту під час виготовлення дерев'яних будівельних конструкцій, але їх не можна використати для контролю вогнезахисного оброблення деревини безпосередньо на об'єктах, яке традиційно проводять в нормативному полі країн Східної Європи.

Відповідно до чинних нормативів в Україні якість вогнезахисного оброблення контролюється за експрес-методом відповідно до [6]. Сутність цього методу полягає в тому, що стружку вогнезахисної деревини (пробу) товщиною до 1 мм поміщають у полум'я сірника і витримують 15 с. Після чого визначають час самостійного горіння та тління стружки, що слугує підґрунтям для відповідних висновків. Однак за допомогою цього методу можна контролювати тільки важкозаймисту деревину (вогнезахиснену деревину другої групи). Переважна ж більшість споруд (особливо на ОКІ) передбачає використання важкогорючої деревини (вогнезахисної деревини першої групи). Подібна ситуація і в країнах Митного союзу. Наприклад, у Росії використовують експрес-метод з використанням приладу ПМП-1, в якому реалізовано той же метод "стружки" [7].

Отже, задача створення більш точних методів контролю, за допомогою яких можливо було б визначити переведення деревини у важкогорючий стан, залишається не вирішеною. Значною мірою цьому сприяло б визначення концентрації антипіренів, що утримуються у вогнезахисній деревині.

Мета дослідження – розробити методику створення моделі розподілу антипіренів всередині вогнезахисної деревини, що дасть змогу оцінити розподіл антипіренів всередині вогнезахисної деревини з використанням підходів регресійного аналізу.

Виклад змісту статті. Вихідні положення методики ґрунтуються на фізичних властивостях деревини, яка за своєю внутрішньою будовою належить до

¹ ст. наук. співроб. С.М. Чумаченко, д-р техн. наук – Український НДІ цивільного захисту ДСНС України;

² ст. наук. співроб. С.В. Жартівський, канд. техн. наук – Український НДІ цивільного захисту ДСНС України;

³ ст. наук. співроб. О.М. Тітенко, канд. техн. наук – Український НДІ цивільного захисту ДСНС України;

⁴ ст. наук. співроб. В.В. Троцько, канд. військ. наук – Український НДІ цивільного захисту ДСНС України