

ОЦІНКА НЕОБХІДНИХ ОБСЯГІВ МАТЕРІАЛЬНИХ РЕСУРСІВ ШЛЯХОМ РОЗРАХУНКУ КІЛЬКОСТІ МЕШКАНЦІВ БУДИНКУ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ

Анотація: У даній роботі розглянуто підхід до розрахунку обсягів матеріальної допомоги для забезпечення людей речами першої необхідності у випадку екстрених ситуацій, зокрема втрати житла. Даний підхід має на меті розрахунок верхньої межі можливої кількості людей, що проживають у будинку який зазнав руйнування. Важливим аспектом підходу є формування демографічних груп серед мешканців будинку для визначення кількості товарів певної категорії. А також розрахунок кількості жителів, що опинились вдома на момент екстреної ситуації шляхом застосування статистичної вірогідності знаходження певної демографічної групи вдома в конкретний час доби. Розглянутий підхід є основою інформаційної систему фонду допомоги, адже зосереджується на підвищенні ефективності матеріальної допомоги постраждалим.

Ключові слова: кількість людей, демографічна група, екстрена ситуація, фонд, допомога, інформаційна система, ефективність.

Вступ

У теперішніх умовах життя, де існують атаки на цивільну інфраструктуру, зокрема житлові будинки, а також нікуди не поділись природні катастрофи та техногенні аварії, що можуть загрожувати життю та втратою домівки безлічі людей, важливо мати ефективні механізми для організації допомоги та підтримки постраждалих.

Зі звіту Державної служби України з надзвичайних ситуацій 2023 року [1] бачимо, що в порівнянні з попереднім роком кількість надзвичайних ситуацій техногенного характеру зросла на 45.5%, природного характеру на 100%. Звідси слідує і збільшення числа постраждалих у 7.1 разів. Серед видів надзвичайних ситуацій техногенного характеру, що мають найбільшу кількість постраждалих, бачимо пожежі та вибухи, раптове руйнування будівель та споруд. А серед видів надзвичайних ситуацій природного характеру найвищі показники мають медико-біологічні.

Проблема ефективного забезпечення людей матеріальною допомогою першої необхідності у разі втрати житла набуває особливо важливого значення у зв'язку зі зростанням кількості таких випадків та потреби організованого реагування на них. Тому розробка підходу до розрахунку кількості матеріальної допомоги та його подальше впровадження в рамках інформаційної системи управління ресурсами фонду стає вкрай соціально важливим завданням для забезпечення добробуту населення.

Аналіз існуючих рішень

Проведення аналізу рішень є важливою складовою процесу розробки власного підходу для поставленої задачі. Цей процес дозволяє визначити як сильні, так і слабкі сторони рішень, зокрема звернути увагу на недоліки рішення що розробляється з метою його подальшого покращення.

Оскільки основною задачею методу є розрахунок кількості людей в будинку при настанні надзвичайної ситуації для визначення обсягів пакетів матеріальної допомоги постраждалим, було розглянуто відповідні підходи до розв'язання даної задачі.

Одним з підходів до визначення кількості людей в будівлі є застосування відеокамер. Дослідження [2] описує використання алгоритму глибокого навчання та камер відеоспостереження. Зокрема розглянуто метод, що підраховує людей, які входять/виходять з приміщення. Його особливість – встановлення «межі», яка відокремлює внутрішнє середовище від зовнішнього. Напрямок виявленої голови людини використовується для того, щоб визначити, входить чи виходить людина з приміщення [2]. Незважаючи на потенціал даного підходу, встановлення камер, інфраструктури для підтримки камер, а також потреба в безперервному підключенні до Інтернету залишаються суттєвими проблемами для практичного застосування відеоаналітичних методів.

Наступний підхід [3] оцінює рівень заповнення будинку використовуючи бездротову мережу датчиків CO₂ та світла. Рівень концентрації CO₂ в приміщенні є досить хорошим показником кількості мешканців. Даний метод захищає особисту конфіденційність мешканців будівлі. Запропонована гібридна мережа складається з кількох запропонованих датчиків і центрального керуючого комп'ютера. Результати вимірювань рівня CO₂ та освітленості передаються на центральний керуючий комп'ютер через бездротовий зв'язок [3]. Даний метод застосовує не лише інформацію про рівень CO₂, а і датчиків світла, оскільки

коливання рівня CO₂ є досить частою проблемою, що негативним чином впливає на точність результатів.

Також була розглянута запропонована модель, що проводить інтегровану обробку даних, що надходять з сенсорів для виявлення людей у житлових будинках [4]. Дані, отримані з сенсорів, використовувалися евристичними моделями для розпізнавання набору дій людини (дотик дверної ручки, рух біля дверей). Дослідження описує застосування чотирьох алгоритмів класифікації, заснованих на машинному навчанні, що можуть передбачити достовірну оцінку інформації про заповненість будівлі.

Для побудови порівняльної таблиці, було виділено наступні критерії оцінки вищеописаних методів:

Таблиця 1.

**Порівняльна характеристика підходів
до оцінки кількості людей в будинку**

Критерії оцінки	Метод 1	Метод 2	Метод 3
Забезпечення конфіденційності	ні	так	так
Використання додаткового обладнання	так	так	так
Залежність від електроенергії	так	так	так
Залежність від Інтернет мережі	так	так	так
Залежність від якості освітлення	так	ні	ні
Оцінка рівня витрат	високий	середній	середній

Аналізуючи порівняльну таблицю було виділено наступні недоліки методів оцінки кількості людей в будинку. Основним і дуже важливим недоліком усіх методів є їх пряма залежність від наявності електроенергії в будинку. В критичних умовах, таких як настання надзвичайних ситуацій, і як наслідок, наявність високої вірогідності відсутності електроенергії, дані підходи не будуть життєздатними. Суттєвим недоліком є необхідність у попередній наявності датчиків у будинках та/або у встановленні додаткового високовартісного обладнання, що є досить нереалістичною умовою в масштабах міста.

Постановка мети та задач

Мета даної роботи полягає в розробці та подальшому впровадженні підходу до розрахунку обсягів матеріальної допомоги першої необхідності в рамках інформаційної системи управління фондом. Допомога спрямована на випадки надзвичайних ситуацій, що призвели до руйнування житла людей.

Задачі роботи включають:

1. урахування житлових норм в рамках Житлового кодексу України з метою отримання наближеної оцінки можливої кількості жителів будинку в умовах коли інформація про наслідки надзвичайної ситуації є вкрай обмеженою;
2. аналіз соціально-демографічних характеристик домогосподарств України з метою оцінки демографічного та вікового складу домогосподарств, що проживають в будинку де відбулась надзвичайна ситуація;
3. застосування статистичної вірогідності знаходження певної демографічної групи вдома в конкретний час доби з метою підвищення точності розрахунку обсягів матеріальної допомоги;
4. розробку методики розрахунку обсягів матеріальної допомоги першої необхідності;
5. імплементацію методики розрахунку обсягів матеріальної допомоги в інформаційну систему управління фондом.

Математична модель

В умовах коли існує нестача інформації не лише про кількість людей, що потенційно могли постраждати внаслідок надзвичайних ситуацій, але і характеристик житлового будинку, що зазнав руйнування, використовуються відкриті дані [5]. Для Києва використовуємо інформаційну аналітичну систему управління житловим фондом [6].

1. Визначення кількості мешканців будинку шляхом застосування статистичної оцінки.

За даними дослідження соціально-демографічних характеристик домогосподарств України [7], середній розмір домогосподарства складає 2,63 особи на квадратний метр. Отримавши характеристичні дані будинку з пункту 1 маємо відповідну формулу:

$$N_{\text{мешканців}}^{\text{Стат оцінка}} = k_1 * n, \tag{1}$$

де k_1 – середній розмір домогосподарства, n – кількість квартир житлового будинку.

2. Оцінка максимальної ємності будинку згідно житлових норм.

Згідно з Житловим кодексом України, норма загальної площі житла на одну особу є сталою величиною та становить 21 квадратний метр [8]. Отримавши характеристичні дані будинку з пункту 1 розраховуємо максимально можливу ємність будинку за формулою:

$$N_{\text{мешканців}}^{\text{нормативна оцінка}} = \frac{S}{k_2}, \tag{2}$$

де S – загальна площа квартир будинку, k_2 – норма загальної площі житла. Даний розрахунок слугує перевіркою що оцінка на підставі статистичних даних не буде перевищувати оцінку загально можливої ємності будинку.

Нормативна оцінка слугує перевіркою для статистичної. У випадку коли дані про кількість квартир є некоректними, і як наслідок, статистична оцінка перевищує нормативну, на наступних етапах розрахунків застосовується нормативна оцінка – верхня межа можливої кількості людей, що проживають у будинку.

3. Розрахунок вікового складу мешканців житлового будинку.

Сформуємо чотири вікові групи на основі статистичних відомостей про склад домогосподарств України [7]:

Таблиця 2.

Склад домогосподарств

Вікова група	Віковий проміжок, роки	Частка у домогосподарствах (великі міста), %
Діти дошкільного віку	0 - 6	7,1
Школярі	7 - 17	12,1
Працездатні особи	18 - 59	58,6
Особі пенсійного віку	≥ 60	22,2
Σ		100

Відповідно для визначення кількісної оцінки мешканців певної вікової групи пропонується загальна формула:

$$N_{\text{мешканців вікової групи}} = \frac{N_{\text{мешканців}} \cdot v}{100}, \quad (3)$$

де v – відсоткова частка мешканців певної вікової групи від загальної кількості мешканців.

4. Розрахунок кількості мешканців будинку в певний момент часу.

Заключним кроком є розрахунок кількості мешканців, що могли знаходитись в будинку під час настання надзвичайної ситуації. Розрахунок відбувається шляхом застосування вірогідностей знаходження певної вікової групи у житловому будинку.

Таблиця 3.

**Вірогідність перебування вікових груп вдома
в залежності від часу доби**

Вікова група	Час доби, вірогідність (0 - 1)			
	00:00 - 05:00	8:30 - 15:00	15:00 - 18:30	18:30 - 00:00
Діти дошкільного віку	1	1	1	1
Школярі	1	0,15	1	1
Працездатні особи	1	0,2	0,2	1
Особі пенсійного віку	1	1	1	1

Опис таблиці:

1. Враховано комендантську годину в містах, де вона введена і триває орієнтовно з 00:00 до 05:00, вірогідність перебування усіх вікових груп вдома є максимальною та дорівнює одиниці.

2. Враховано соціальні процеси: навчання школярів (8:30 - 15:00), робота працездатних осіб (8:30 - 18:30). Встановлено похибку у 15% для школярів (хвороба, сімейні обставини) та 20% для працездатних осіб відповідно (хвороба, сімейні обставини, інші години роботи, дистанційна робота).

3. Визначити соціальні процеси, що мали б масовий характер та залежали від часу доби для осіб дошкільного та пенсійного віку є комплексною задачею, що потребує глибокого аналізу, тому припускаємо що дані вікові групи завжди знаходиться вдома.

Максимальна оцінка мешканців була розрахована у попередніх пунктах. Отож, задачею даного етапу є її коригування шляхом відкидання певної частки

мешканців, припускаючи, що відповідно до соціальних процесів та факторів, в певний час доби вони будуть відсутні в будинку.

Виключення даного етапу з розрахунку призведе до виснаження ресурсів фонду. Адже він буде витратити більше людських ресурсів на завантаження та доставку товару, також це впливатиме на зношення автомобільного транспорту.

Наведена таблиця може зазнавати модифікацій шляхом врахування додаткових соціальних факторів та встановленням відповідних вірогідностей.

Після аналізу соціальних факторів та ініціалізації таблиці 3 застосовується наступна формула розрахунку мешканців:

$$N_{\Sigma}(t) = \sum_{m=1}^4 N_m * P_m(t), \quad (4)$$

де m – порядковий номер вікової групи, N_m – кількість мешканців вікової групи m , $P_m(t)$ – вірогідність знаходження вікової групи m в будинку в момент часу t .

Розрахунок кількості мешканців будинку дозволяє фонду оцінити кількість пакетів матеріальної допомоги, що мають бути підготовлені та відправлені на місце настання надзвичайної ситуації.

Приклад застосування представленого методу

Необхідно розрахувати кількість пакетів матеріальної допомоги мешканцям будинку, що знаходились вдома під час настання надзвичайної ситуації, яка відбулася об 11:15 за адресою вул. Феофіла Яновського 1, р-н Солом'янський, м. Київ.

Вхідні дані отримано за допомогою інформаційної аналітичної системи управління житловим фондом м. Києва [6].

Загальна кількість квартир	111	
Загальна площа квартир житлового будинку	6611.2900	м2

Рисунок 1. Інформаційна аналітична система управління житловим фондом м. Києва

Проведено розрахунок статистичної та нормативної оцінок. Результуючі значення було округлено до цілих. Дані є коректними, статистична оцінка не перевищує нормативну.

Величини	Значення	Од. вимір.
n – кількість квартир будинку	111	шт
k1 – середній розмір домогосп.	2,63	особи
S – заг. площа квартир будинку	6611,29	м2
k2 – норма заг. площі житла	21	м2
N(стат. оцінка)	292	
N(норм. оцінка)	315	

Рисунок 3. Зображення результатів розрахунку відповідно до 1-ого та 2-ого етапів методу

Проведено розрахунок к-сті мешканців за віковими групами з урахуванням вікового коефіцієнту. Кількість мешканців округлено до цілих.

Вікова група	Віковий коефіцієнт, %	К-сть мешканців вікової групи
Діти дошкільного віку	7,1	21
Школярі	12,1	35
Працездатні особи	58,6	171
Особі пенсійного віку	22,2	65

Рисунок 4. Зображення результатів розрахунку відповідно до 3-ого етапу методу

Проведено розрахунок к-сті мешканців за віковими групами з урахуванням вірогідності їх знаходження в будинку в певний час доби, а також загальну к-сті мешканців. Кількість мешканців округлено до цілих.

Вікова група	Вірогідність знаходження в будинку об 11:15	К-сть мешканців вікової групи	Розрахована к-сть мешканців будинку
Діти дошкільного віку	1	21	125
Школярі	0,15	5	
Працездатні особи	0,2	34	
Особі пенсійного віку	1	65	

Рисунок 5. Зображення результатів розрахунку відповідно до 4-ого етапу методу

Отже, згідно з проведеними розрахунками, за відповідними вхідними даними, фонду необхідно виділити 125 пакетів матеріальної допомоги постраждалим.

Висновки

У даній роботі досліджено проблему ефективного надання матеріальної допомоги постраждалим у разі настання надзвичайних ситуацій, наслідками яких є руйнування житлового будинку.

Шляхом проведення аналізу існуючих рішень було виявлено, що методи визначення кількості людей у житлових будинках мають суттєві недоліки: залежність від наявності електроенергії, обов'язкова наявність розумних датчиків, камер або іншого високовартісного обладнання.

Тому основними критеріями рішення поставленої задачі було уникнення високих витрат та залежності від електроенергії. Рішення було представлено методом оцінки необхідних обсягів матеріальних ресурсів шляхом розрахунку кількості мешканців будинку, що знаходились в ньому під час настання надзвичайної ситуації. Даний метод виступає частиною інформаційної системи фонду допомоги постраждалим.

Представлена математична модель складається з п'яти етапів, включаючи детальний опис отримання розширених вхідних даних за допомогою інформаційної аналітичної системи управління житловим фондом та безпосередньо розрахунки. Було запропоновано формування вікових груп домогосподарств за допомогою використання статистичних відомостей про склад домогосподарств міста. Також запропоновано встановлення вірогідностей перебування даних вікових груп в будинку в залежності від часу доби. Результатом проведення розрахунків є кількість пакетів матеріальної допомоги постраждалим.

Приклад застосування методу описує та детально ілюструє процедуру проведення розрахунків для справжнього будинку м. Києва засобами Microsoft Excel відповідно до кожного етапу математичної моделі.

Отже, запропонований метод є ефективним вирішенням проблеми розрахунку необхідної матеріальної допомоги постраждалим внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій, а саме у випадках, коли дані про кількість мешканців будинку є відсутніми. Метод не потребує витрат на додаткове обладнання та не залежить від наявності електроенергії в житловому будинку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Звіт про основні результати діяльності державної служби України з надзвичайних ситуацій у 2023 році. URL: <https://dsns.gov.ua/upload/2/0/4/5/2/3/6/zvit-pro-osnovni-rezultati-diialnosti-dsns-u-2023-roci.pdf> (дата звернення: 21.04.2024).
2. Vision-based estimation of the number of occupants using video cameras / I. Gursel Dino та ін. *Advanced Engineering Informatics*. 2022. Т. 53. С. 101662. URL: https://www.researchgate.net/publication/361160428_Vision-based_estimation_of_the_number_of_occupants_using_video_cameras (дата звернення: 21.04.2024).
3. Occupancy Estimation in Smart Building using Hybrid CO2/Light Wireless Sensor Network / Chen Mao. *ASA Multidisciplinary Research Symposium*. 2016. URL: https://www.researchgate.net/publication/307959656_Occupancy_Estimation_in_Smart_Building_using_Hybrid_CO2Light_Wireless_Sensor_Network (дата звернення: 21.04.2024).
4. Integrated sensor data processing for occupancy detection in residential buildings / C. Wang та ін. *Energy and Buildings*. 2021. Т. 237. С. 110810. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110810> (дата звернення: 21.04.2024).
5. Система управління ресурсами та запитами фонду допомоги постраждалим. *V Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених та студентів «Інженерія програмного забезпечення і передові інформаційні технології SoftTech-2023*, м. Київ, 19 груд. 2023 р. С. 307–309. URL: <https://drive.google.com/file/d/1racc22TBKkFFNzBRSzOrePKpFfbnGDJ1/view> (дата звернення: 21.04.2024).
6. Інформаційно-аналітична система управління житловим фондом м.Києва. URL: <https://www.municipal.kiev.ua/kiiev/> (дата звернення: 21.04.2024).
7. Соціально-демографічні характеристики домогосподарств України у 2021 році. *Державна служба статистики України*. Київ, 2021. URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/07/zb_cdhd_21.pdf (дата звернення: 21.04.2024).
8. Житловий кодекс України від 30.06.1983 р. № 5464-X : Стаття 66. Норма жилої площі. Редакція від 19.11.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5464-10> (дата звернення: 21.04.2024).