

УДК 004.93

І.А. Чуб¹ д.т.н. професор, Е.К.Назіров², Т.О.Назірова²

¹Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, Україна

² Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків, Україна

ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ РЕЄСТРАЦІЇ ПОКРИТТЯ АКУСТИЧНИМИ СИГНАЛАМИ ЗОНИ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ

І.А. Чуб, Е.К.Назіров, Т.О.Назірова Інструментальні засоби реєстрації покриття акустичними сигналами зони надзвичайної ситуації. Метою статті є дослідження перспективних напрямків та технологій реєстрації покриття акустичних сигналів надзвичайних ситуацій та їх реалізація в клієнтській підсистемі. Мета роботи досягається розвитком науково-технічних основ для технічної реалізації комплексної в межах України системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру та забезпечення екологічної безпеки.

Ключові слова: надзвичайна ситуація, покриття, автоматизована система, акустичні сигнали, НС, потенційно небезпечний об'єкт, системи сповіщення, цивільний захист населення, інформування.

И.А.Чуб, Э.К.Назирова, Т.А. Назирова Инструментальные средства регистрации покрытия акустическими сигналами зоны чрезвычайной ситуации. Целью статьи является исследование перспективных направлений и технологий регистрации покрытия акустических сигналов чрезвычайных ситуаций и их реализация в клиентской подсистеме. Цель работы достигается развитием научно-технических основ для технической реализации комплексной в пределах Украины системы мониторинга, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и обеспечения экологической безопасности.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, покрытие, автоматизированная система, акустические сигналы, НС, потенциально опасный объект, системы оповещения, гражданская защита населения, информирование.

I.A.Chyb, E.K. Nazirov, T.A. Nazirova The instrumental partitions of the region by acoustic signals from the zone of the most advanced situation. The aim of the article is to study promising directions and technologies for recording acoustic signals from emergency situations and their implementation in the client subsystem. The purpose of the work is achieved by developing scientific and technical bases for the technical implementation of a comprehensive within Ukraine monitoring, prevention and liquidation system of natural and man-made emergency situations and ensuring environmental safety. The article is devoted to the problem of emergencies prevention using modern methods of analysis of acoustic data. Emergencies arise in the conditions of extraordinary situations and management in emergency situations characterized by the need for work in the absence of information, the high rate of change in the situation, the need for operational formation of the most effective solutions, which have high efficiency, which imposes requirements to minimize the time and losses in the elimination of emergency situations.

Keywords: emergency situation, coverage, automated system, acoustic signals, emergency, potentially dangerous object, notification systems, civil protection of the population, informing.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Сучасний період розвитку суспільства характеризується все більше наростаючими суперечностями між людиною та оточуючим її природним середовищем. Головна небезпека надзвичайного стану полягає у раптовості та стихійності, які провокують негативні наслідки. Неодмінною умовою сталого розвитку суспільства є безпека людини і навколишнього середовища, їх захищеність від впливу шкідливих техногенних, природних, екологічних і соціальних факторів. Сучасний стан небезпеки життєдіяльності природно-техногенно-соціальної системи (ПТС системи) України вказує на необхідність розробки ефективних заходів попередження, виявлення та сприяння ліквідації надзвичайних ситуацій (НС) різної природи. Для ефективного розв'язання цієї проблеми необхідна розробка інформаційних систем щодо виявлення небезпечних чинників на етапі їх зародження та швидкого місцезнаходження епіцентру надзвичайної ситуації з метою ефективного реагування та недопущення розвитку НС.

Система раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у разі їх виникнення, призначена для недопущення виникнення надзвичайної ситуації або виявлення її на ранній стадії розвитку на об'єктах підвищеної небезпеки, та для відповідного оповіщення обслуговуючого персоналу об'єкту. Предметом дослідження є інструментальні засоби реєстрації покриття акустичними сигналами зони надзвичайної ситуації. Метою даної роботи є дослідження перспективних напрямків та технологій для аналізу акустичних даних НС.

Запобігання негативним наслідкам можливих надзвичайних ситуацій можливе лише на основі реалізації комплексу задач соціально-економічного, науково-технічного розвитку сучасних підходів щодо попередження та зменшення зростання випадків НС[1]. Тема моніторингу надзвичайних ситуацій з метою визначення стану техногенної, природної та соціальної безпеки добре опрацьована і має значні наукові та практичні розробки[1-6]. Проблема створення нових моделей і методів підтримки прийняття рішення для попередження і ліквідації НС актуальна, як в силу бага-

торазово збільшення їх кількості, так і в силу того, що в даний час назріла необхідність використання сучасних систем, що дозволяють знизити масштаби і наслідки при їх ліквідації [2-3-4]. В публікаціях [5-6] розглядаються питання аналізу та моделювання спеціалізованих систем моніторингу, орієнтованих на підтримку прийняття рішень щодо зниження ризику виникнення НС та раннього виявлення передумов виникнення таких ситуацій у майбутньому. Здебільшого це пов'язано з розробкою та використанням технічних засобів автоматизованого контролю, передачі та обробки даних при організації моніторингу на різних територіях і візуалізації його результатів. Наразі в структурах існуючих систем моніторингу відсутні інформаційні потоки, що забезпечують адаптацію до поточних змін параметрів оточуючого середовища. Дослідженнями даної проблеми присвятили свої праці І.А. Чуб, М.В. Новожилова, John J. Fay, David Patterson, Попов В.М., Michael Khalemsky, David G.Schwartz, A.Malizia, T.Onorati та багато інших. В зв'язку з цим, для будь-якої держави є актуальною необхідність технічної реалізації заходів попередження та недопущення впливу небезпечних факторів на процес життєдіяльності населення та функціонування різного роду об'єктів держави. Що доводить актуальність наряду дослідження в цій області. Проте переважна більшість робіт науковців пов'язана з дослідженнями природних і техногенних надзвичайних ситуацій. Моніторинг соціальних надзвичайних ситуацій, який потребує обробки різноманітної інформації з різноманітних джерел, що вимагає впровадження додаткових засобів її збору й аналізу, досліджено недостатньо.

Виклад основного матеріалу. Облік великої кількості параметрів в умовах нестачі інформації та структур, що динамічно змінюються, а також обмеження ресурсів для ліквідації НС - призводять до висновку, що завдання синтезу моделей підтримки прийняття рішень, можна характеризувати, як завдання математичного моделювання складних систем. Їх відмінними ознаками є наявність великого числа взаємопов'язаних і взаємодіючих елементів, зв'язки між якими найчастіше нелінійні, з високою схильністю до впливу випадкових чинників, мінливою структурою функціонування та інтегративністю системи, яка полягає в тому, що система в цілому має властивості, не притаманні жодному її елементу.

Модель підтримки прийняття рішення при ліквідації НС на регіональному рівні розбивається на етапи (підзадачі) в рамках застосування декомпозиції системи.

Етапи розвитку надзвичайної ситуації діляться на:

- припущення про конкретний вид НС;
- прогноз охоплення і поширення НС;
- прогноз смертельних і санітарних втрат, зон і терміновості евакуації населення;
- вибір доступних засобів оповіщення населення і сил ліквідації;
- формування з наявних сил і засобів команд ліквідації з урахуванням необхідних кваліфікаційних ознак і наявності необхідного матеріального ресурсу;
- формулювання первинних завдань і їх оперативне зміна для працюючих в зоні НС сил і засобів, спрямоване на мінімізацію людських жертв і матеріальних збитків в зоні дії надзвичайної ситуації. На (рис.1) графічно зображено модельне представлення процесів зародження на локальній території джерел надзвичайної ситуації різноманітного походження. Де: 1' – атмосфера; 2' – біосфера; 3' – літосфера; 4' – гідросфера; 1'' – аварії на промислових об'єктах і транспорті; 2'' – вибухи; 3'' – пожежі; 4'' – вивільнення інших видів енергії; 1''' – психологічні особливості особи і особливості виховання; 2''' – несприятливе положення особи; 3''' – соціальна несправедливість; 4''' – напруженість в міжнаціональних, міжгрупових, міжконфесійних стосунках; 5''' – негативні соціальні процеси, що призводять до руйнування етичних засад, соціальної стійкості особи та законослухняності.

Етапи розвитку надзвичайної ситуації діляться на:

На першому етапі проводиться моніторинг, визначених у рамках моделі виникнення надзвичайної ситуації, параметрів, які є вхідними даними для подальшої оцінки складності ситуації. Ядром для порівняння даних є інтелектуальний модуль, який являє собою експертну систему прийняття рішень і оцінки рівня загроз. Завданнями цього модуля є - порівняння вхідних даних, що надійшли, з межами наявних експертних даних; прийняття рішення про настання конкретного типу НС, поширення якого описується наявною в модулі математичною моделлю.

Другий етап базується на інформації про конкретне місце розташування НС, інформації про рельєф і забудову території, кліматичних умовах (швидкість і напрям вітру, вологість, концентрація певних речовин тощо) і наявних типових моделях поширення конкретного виду НС. На підставі цих даних система будує передбачувану модель поширення (швидкість і напрям поширен-

ня) НС. На цьому етапі система виконує оптимізацію (агрегування описів) моделі з метою скорочення часу реакції для отримання результату. Тут використовуються елементи імітаційного моделювання та принципи побудови багатоагентної системи. Для оцінки швидкості і напрямку поширення НС на даному етапі пропонується задіяти геоінформаційні системи, що мають багатшарові геоінформаційні дані та системи моніторингу, що дозволяють отримувати оперативну інформацію про зміни в параметрах навколишнього середовища.

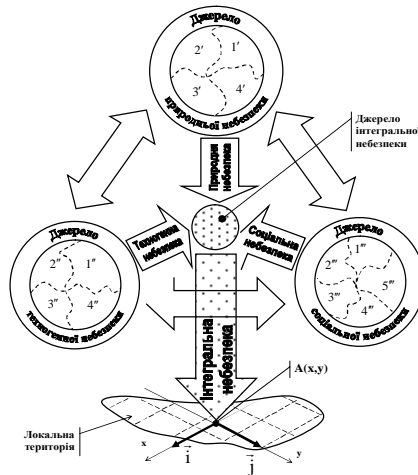


Рис 1. Модельне представлення процесів зародження на локальній території джерел НС різного походження.

Етапи розвитку надзвичайної ситуації діляться на:

На першому етапі проводиться моніторинг, визначених у рамках моделі виникнення надзвичайної ситуації, параметрів, які є вхідними даними для подальшої оцінки складності ситуації. Ядром для порівняння даних є інтелектуальний модуль, який являє собою експертну систему прийняття рішень і оцінки рівня загроз. Завданнями цього модуля є - порівняння вхідних даних, що надійшли, з межами наявних експертних даних; прийняття рішення про настання конкретного типу НС, поширення якого описується наявною в модулі математичною моделлю.

Другий етап базується на інформації про конкретне місце розташування НС, інформації про рельєф і забудову території, кліматичних умовах (швидкість і напрям вітру, вологість, концентрація певних речовин тощо) і наявних типових моделях поширення конкретного виду НС. На підставі цих даних система будує передбачувану модель поширення (швидкість і напрям поширення) НС. На цьому етапі система виконує оптимізацію (агрегування описів) моделі з метою скорочення часу реакції для отримання результату. Тут використовуються елементи імітаційного моделювання та принципи побудови багатоагентної системи. Для оцінки швидкості і напрямку поширення НС на даному етапі пропонується задіяти геоінформаційні системи, що мають багатшарові геоінформаційні дані та системи моніторингу, що дозволяють отримувати оперативну інформацію про зміни в параметрах навколишнього середовища.

Метою третього етапу є об'єднання інформації про розподіл щільності населення в районі НС і отриманої на другому етапі моделі поширення НС. Для кластеризації небезпечних зон пропонується використовувати карти Кохонена, як один з видів штучної нейронної мережі.

На четвертому етапі система формує, вибираючи з наявних ресурсів, схеми оповіщення населення і керівництво силами ліквідації. Тут застосовуються математичні моделі, які описують дистанцію ефективного оповіщення населення, в залежності від вибору методу. Це можуть бути системи, що використовують моделі підтримки прийняття ефективних проектних рішень для територіальних систем звукового оповіщення, побудовані на базі використання ефективних генетичних алгоритмів. Або технології індивідуальної підтримки прийняття рішення в критичних ситуаціях, орієнтовані на допомогу в ухваленні рішення конкретним особам, які опинилися на території поширення надзвичайної ситуації.

П'ятий етап вирішує проблеми когнітивного аналізу розвитку ситуації, обліку чинників невизначеності в процесі прийняття рішення, оптимальним розподілом наявних для ліквідації ресурсів і оцінкою темпів використання цих ресурсів. Для вирішення поставлених завдань використовуються мультиагентні динамічні моделі, або моделі, побудовані на основі нечітких когнітивних технологій.

Останнім часом, з огляду на, що все більша кількість відеокамер оснащується вбудованими мікрофонами, активно розвивається такий напрямок розпізнавання позаштатних або надзвичайних ситуацій, як аудіо аналітика. Однією, з найбільш відомих комерційних систем аудіо аналітики, є американська система ShotSpotter[4].

Існуючі на ринку системи аудіо аналітики вже досить добре справляються з завданнями детектування пострілів, вибухів, дзвону розбитого скла, криків про допомогу, шуму бійки.

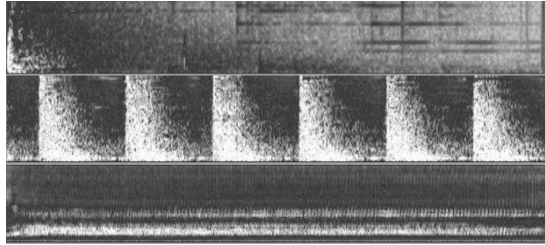


Рис.2. розпізнавання звуку розбитого скла, звуку криків, шуму бійки.

Знаючи розташування мікрофонів і, використовуючи методи тріангуляції, дані системи дуже точно визначають місце виникнення події. До плюсів систем аудіо аналітики можна віднести невисоку, порівняно з відеокамерами вартість мікрофонів, відсутність «сліпих зон», більш низьку щільність покриття території, ніж для відеоспостереження. Потік аудіо інформації з мікрофона займає набагато менше місця, ніж потік відеозображень, а значить, його легше транспортувати і обробляти.

В даний час і в Україні, і в світі, все більшою популярністю серед населення користуються смартфони[12]. За даними GSMA Intelligence в Україні 59,344 млн абонентів мобільного зв'язку, зокрема більше 78% власників смартфонів. Загальний рівень проникнення мобільного зв'язку в країні складає 130,3%, що говорить про стало-високий рівень розвитку систем телекомунікації в державі. Кожен смартфон має мікрофон, канал обміну інформацією, датчик дізнатися про своє розташування, і може оснащуватися різним програмним забезпеченням.

Все вищезазначене свідчить, що смартфони можуть виконувати роль пристрою персонального сповіщення власника про настання нештатної ситуації, так і засобу раннього виявлення та ідентифікації надзвичайної ситуації. Тобто, при наявності спеціального програмного забезпечення та працюючого каналу передачі даних, яким є мобільний інтернет, смартфон може вловлювати звуки, що ідентифікують надзвичайну ситуацію, передавати характеристики звуку, дані про місце знаходження власника та точний час в віддалено розташовану аналітичну систему. Це дозволить користувачам, що потрапляють в зону дії надзвичайної ситуації, бути вчасно сповіщеними, та мати можливість прийняти рекомендовані заходи для збереження своєї безпеки, а органам охорони правопорядку та виконавчій владі, оперативно відреагувати і вжити заходів для локалізації наслідків надзвичайної ситуації.

До детектуємих надзвичайних ситуацій можуть відноситися, ситуації пов'язані з терористичною загрозою, порушенням громадського порядку, різними техногенними аваріями, які супроводжуються гучними звуками чи вибухами, виттям сирен та іншими акустичними артефактами.

Звукометрична персональна система оповіщення про настання надзвичайної ситуації побудована за модульним принципом. Окремі, незалежні підсистеми дозволять збільшити відмовостійкість і масштабованість системи, а також заміну і модернізацію окремих елементів системи без переривання роботи всієї системи.

Основними підсистемами є призначена для користувача (клієнтська) підсистема, підсистема аналізу і прийняття рішення, підсистема ідентифікації звуку, підсистема оповіщення і підсистема рекомендацій і правил поведінки при настанні конкретної надзвичайної ситуації.

Призначена для користувача (клієнтська) підсистема виконує постійну запис звуку з мікрофону смартфона. Запис обмежена певним лімітом за часом. Після досягнення цього ліміту часу для користувача підсистема зберігає тільки що записаний файл для можливого аналізу, видаляє попередній зберігається файл, і починає писати наступний файл.

Вибір способу розпізнавання інтенсивного короткочасного звуку обмежений наступними умовами. Швидкодія способу має бути високим для можливості оперативної надіслати інформацію про подію в підсистему аналізу і прийняття рішення. Оскільки клієнтська підсистема виконує

ється на смартфоні, складність реалізації способу повинна бути низькою для можливості швидкої відпрацювання методу на смартфонах початкового рівня. Швидкість і низька складність реалізації обумовлюють низьку якість (ефективність) розпізнавання події. Але, беручи до уваги велику кількість працюючих клієнтських підсистем, немає необхідності концентруватися на одному розпізнаванні інтенсивного короткочасного звуку, отриманому від однієї клієнтської підсистеми. Необхідно орієнтуватися на масове (десятки пристроїв) отримання сигналів про настання події від безлічі клієнтських підсистем, розташованих в достатній для детектування події близькості один від одного.

Більшість методів засновані на визначенні потужності для набору послідовних блоків аудіо сигналу [9]. Потужність для k -го блоку сигналу, що складається з для N відліків, визначається формулою(1):

Більшість методів засновані на визначенні потужності для набору послідовних блоків аудіо сигналу [9]. Потужність для k -го блоку сигналу, що складається з для N відліків, визначається таким чином:

$$e(k) = 1$$

$$e(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_i^2(n +$$

(1)

де $k = 0, 1, \dots$

Як приклад наведено аудіосигнал з пострілом (Рис.3), який нещодавно трапився на позначці 4.6 с, а також набір значень потужностей для блоків з $N = 4000$ відліків, що відповідає тривалості кожного блоку близько 90мс.

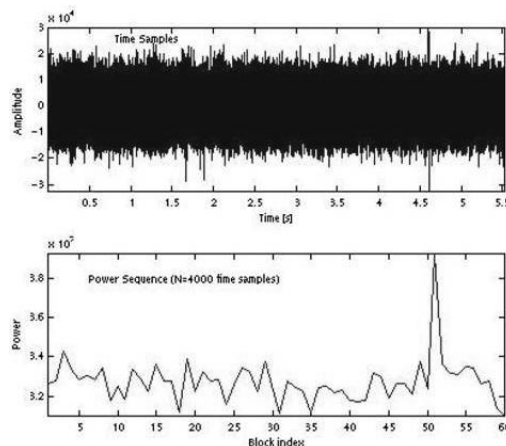


Рис.3 – Аудіосигнал з пострілом

Різні методи відрізняються способом автоматичного детектування блоку, відповідного різкого імпульсного звуку:

- на основі стандартного відхилення нормованих значень потужностей блоків;
- на основі застосування медіанного фільтра для значень потужностей блоків;
- по динамічному порозу для значень потужностей блоків.

При докладному розгляді методу на основі стандартного відхилення нормованих значень потужностей блоків, було з'ясовано, що ключовим аспектом даного методу є нормування розглянутого набору значень блоків потужності до діапазону $[0, 1]$:

$$e_{norm}(j) = \frac{e_{win}(j) - \min(e_{win}(j))}{\max(e_{win}(j)) - \min(e_{win}(j))}$$

(2)

Далі необхідно обчислити стандартне відхилення (дисперсію) отриманого набору значень, згідно формули (3):

$$e_{norm}(j) = \frac{e_{win}(j) - \min(e_{win}(j))}{\max(e_{win}(j)) - \min(e_{win}(j))}$$

(3)

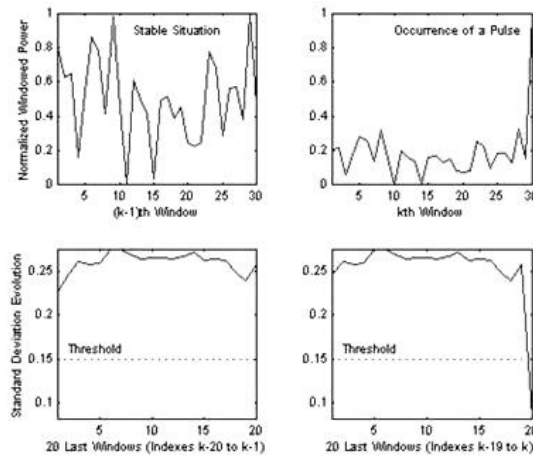


Рис.4 значення блоків потужностей сигналу.

У разі фоновому шуму, значення блоків потужності будуть приблизно рівномірно розподілені в діапазоні [0-1] (проілюстровано на рис.7). Так як під час вступу нового значення потужності для блоку аудіосигналу, відбувається перенормування значень до вказаного діапазону, то при настанні блоку зі значно більш високим рівнем потужності, значення стандартного відхилення істотно зменшиться в порівнянні з аналогічним значенням для набору попередніх фонових блоків потужності. За зниженням стандартного відхилення нижче порогового значення, можна автоматично детектувати блок з імпульсним сигналом.

Перевагою даного методу є його стійкість до зміни рівня шуму, а також можливість детектування повільно мінливого сигналу, аналізуючи середнє значення нормованих блоків потужності.

Метод на основі використання медіанного фільтра.

Основні етапи автоматичного детектування імпульсних виділяються сигналів з використанням медіанного фільтра представлені нижче. Приклад застосування медіанного фільтру порядку k до набору значень блоків потужностей представлений формулою(4):

$$mf(k) = MED_{i=k-L+1}^k \tag{4}$$

Для детектування блоку з імпульсним подією застосовується умовний медіанний фільтр (conditional median filtering) (5), який залишає початкове значення сигналу в разі, якщо різниця між вихідним відліком і медіанного значенням менше порогового значення, і медіанне значення в іншому випадку.

$$cmf(k) = \begin{cases} mf(k) & \text{if } |mf(k) - e(k-d)| < \text{Threshold} \\ e(k-d) & \text{otherwise} \end{cases} \tag{5}$$

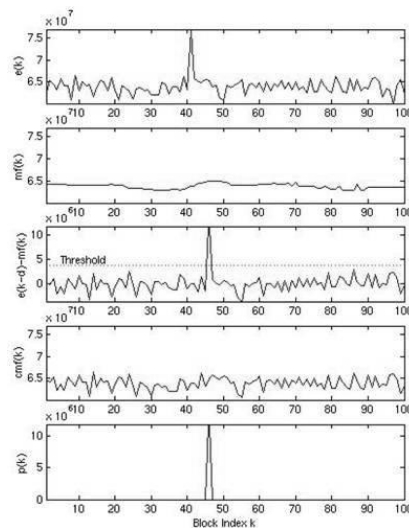


Рис.5 Блок з імпульсною подією

Обчисливши різницю між сигналом після застосування conditional median filter і зміщеним вихідним сигналом, можна автоматично виділити блок з подією імпульсним подією (Рис.5)

Метод на основі динамічного порогу для значень потужностей блоків.

У цьому методі пропонується детектувати імпульсний сигнал використовуючи середнє значення набору потужностей блоків і середньоквадратичне відхилення в якості динамічного порогу. Автоматичне детектування відбувається при перевищенні потужності чергового блоку порогового значення, що визначається за формулою(6):

$$th = par * std + m$$

(6)

Де **par** - параметр, що визначає чутливість алгоритму. Приклад застосування даного методу при значенні параметра **par** = 3 представлений на наступному малюнку(Рис.6):

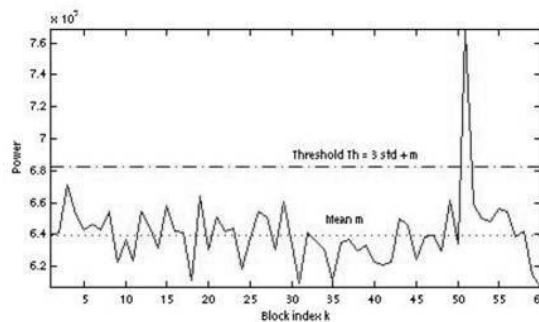


Рис.6 Застосування методу на основі динамічного порогу.

Для розпізнавання інтенсивного короткочасного звуку використовуємо метод фільтрації рівнів гучності звуку. Даний метод характеризується високою швидкістю і низькою складністю реалізації. З його недоліків слід зазначити середню ефективність. Паралельно запису відбувається відстеження поточного рівня сигналу, що надходить на мікрофон і його порівняння в режимі реального часу з середнім рівнем сигналу (рівень фонового шуму), отриманим з попереднього файлу. Якщо поточний рівень сигналу перевищує середній в N і більше разів, то система формує сигнал ідентифікації події на підсистему аналізу і прийняття рішень.

Згідно аналітичних даних Державної служби України з надзвичайних ситуацій, за минулий рік у світі масових, з великою кількістю загиблих, терактів було понад 27, у яких загинули майже 1900 людей[13]. За засобами, які використовуються під час терористичних актів, можна виділити тероризм із застосуванням засобів вогнепальної зброї та різних вибухових пристроїв, в силу його поширеності та доступності, а головне високої вражаючої здатності та простоти у використанні.

Наприклад 1 жовтня 2017 року в США в м. Лас-Вегас невідомий відкрив вогонь на виступі кантрі-фестивалю Route 91 Harvest, який зібрав близько 40 тисяч осіб[13]. Після перших пострілів відвідувачі та правоохоронці не зрозуміли, що це теракт, свято тривало. Лише по факту наявності поранених, люди усвідомили, що різкі звуки - це не гучна музика, а результати стрільби. При наявності системи раннього виявлення НС, спрацювало б сповіщення правоохоронних органів про загрозу, що могло врятувати населення та локалізувати антитерористичну операцію. Тому задачі розпізнавання коротких імпульсних аудіо сигналів високої потужності, прикладом яких є постріли або вибухи, набувають найактуальнішого значення у системах раннього виявлення НС.

Під аудіо сигналами ймовірної НС будемо розуміти звукові коливання тривалістю менше 0,5 секунди, гучність яких значно вище (на 15 і більше дБ), ніж фонові звуки. Прикладами таких звуків є хлопки, постріли, вибухи. Будь-яка НС з використанням вогнепальної зброї відбувається в повітряному середовищі, точність розпізнавання звукового сигналу залежить від:

- 1) температури повітря,
- 2) вологості повітря,
- 3) атмосферного тиску,
- 4) відстані між датчиком і джерелом звуку,
- 5) геометричних параметрів простору (приміщення або вулиці).

Проаналізуємо вплив чинників на коректність розпізнавання звуку, згідно стандарту ISO

532-B (ISO Standard 532. Acoustics. Method for Calculating Loudness Level) Результати досліді відображено у таблицях (Таб.1.), (Таб.2.)

| Відстань між джерелом звуку і датчиком, м | Рівень звуку, дБ | | | | | Середнє значення рівня звуку, дБ | Зниження, % |
|---|--------------------|----|----|----|----|----------------------------------|-------------|
| | Номер експерименту | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 0,5 | 83 | 84 | 84 | 86 | 82 | 81,00 | 0,00 |
| 1 | 82 | 80 | 79 | 80 | 81 | 79,00 | 2,47 |
| 1,5 | 79 | 81 | 79 | 79 | 79 | 77,00 | 2,53 |
| 2 | 79 | 79 | 80 | 79 | 79 | 78,00 | 1,30 |
| 2,5 | 79 | 79 | 79 | 79 | 78 | 78,80 | 1,03 |
| 3 | 78 | 78 | 79 | 79 | 79 | 78,60 | 0,25 |
| 3,5 | 79 | 78 | 79 | 79 | 78 | 78,60 | 0,00 |
| 4 | 79 | 79 | 78 | 79 | 79 | 78,80 | 0,25 |
| 4,5 | 78 | 78 | 78 | 79 | 78 | 78,20 | 0,76 |
| 5 | 78 | 78 | 79 | 77 | 79 | 78,20 | 0,00 |

Таб.1.Залежність рівня гучності звуку від відстані між джерелом звуку та датчиком.

| Температура t,С0 | Рівень звуку, дБ | | | | | Середнє значення рівня звуку, дБ | Зниження, % |
|------------------|--------------------|----|----|----|----|----------------------------------|-------------|
| | Номер експерименту | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 18 | 83 | 82 | 81 | 82 | 83 | 82,20 | 0,00 |
| 20 | 82 | 83 | 82 | 82 | 83 | 82,40 | 0,24 |
| 22 | 83 | 82 | 82 | 83 | 83 | 82,60 | 0,24 |
| 24 | 83 | 82 | 82 | 83 | 83 | 82,60 | 0,00 |
| 26 | 83 | 82 | 84 | 82 | 83 | 82,80 | 0,24 |

Таб.2. Залежність рівня гучності звуку від температурного режиму

Проведення аналізу отриманих даних свідчить, що зниження рівня гучності звуку на відстані більш ніж 1,5 метра між датчиком і джерелом не суттєво, в той час, коли на дистанціях менше ніж 1,5 метра спостерігається істотне зниження рівня гучності звуку при видаленні від датчика. Різниця рівнів гучності між двома точками, віддаленими на різну відстань від джерела звуку, описується формулою(7).

$$L_1 - L_2 = 20 * \log R$$

(7)

, де L1 і L2 - рівні гучності, дБ, R1 і R2 - відстані між джерелом звуку і приймачем.

Невелика розбіжність між фактичними результатами та теоретичними розрахунками зумовлено тим, що при вимірюванні на кінцевий результат вплинули просторові геометричні параметри. При проведенні експерименту ефект реверберації посилює гучність звуку на коротких відстанях. Згідно стандарту ISO 532-B (ISO Standard 532. Acoustics. Method for Calculating Loudness Level) - вологість і тиск повітря можна не враховувати, оскільки вони надають несуттєвий вплив. Таким чином, при розробці методів ідентифікації аудіо сигналів ймовірної НС необхідно враховувати просторові геометричні параметри та відстані між джерелом звуку та приймачами.

Результати досліджень. На основі проведеного аналізу поданих засобів встановлено, що для розпізнавання інтенсивного короткочасного звуку оптимальним є використання методу фільтрації рівнів гучності звуку. Даний метод характеризується високою швидкістю і низькою складністю реалізації. Це дозволяє зменшити вимоги до продуктивності апаратної та програмної платформи смартфонів користувачів, та встановлювати програмні засоби клієнтської підсистеми на більшості моделей смартфонів різних виробників.

На основі проведеного аналізу експериментальних досліджень, встановлено, що при розробці методів ідентифікації аудіо сигналів ймовірної НС необхідно враховувати просторові геометричні параметри та відстані між джерелом звуку та приймачами. Такі параметрами повітряного простору, як температура та вологість повітря, атмосферний тиск, не відіграють суттєвої ролі при ідентифікації коротких імпульсних аудіо сигналів високої потужності, прикладом яких є постріли або вибухи. Тому їх можна не використовувати при формуванні моделі розпізнавання аудіо сигналів настання ймовірної НС.

Напрямами подальших досліджень є:

- вибір оптимального методу розпізнавання аудіо сигналу та ідентифікації НС у віддаленій підсистемі, що базується на аналізі численних характеристик отриманих аудіо сигналів та координатах приймачів сигналу клієнтських підсистем, та дозволяє динамічно змінювати обчислювальні потужності в залежності від складності розрахунків та необхідного часу їх отримання.
- вибір оптимального методу визначення місце розташування ймовірної НС, що базується на характеристиках отриманого аудіо сигналу та координатах приймачів сигналу.
- аналіз засобів попередження користувачів системи щодо настання НС, надання рекомендацій безпечної поведінки з урахуванням місця розташування користувача та НС, її типу та складності.

Попередження та ліквідація надзвичайних ситуацій (НС) техногенного, природного та соціального характеру з метою збереження життя та здоров'я людей, забезпечення сталого розвитку країни є однією зі складових національної безпеки держави. Статистичні дані свідчать, що у 2017 році в Україні зареєстровано 138 надзвичайних ситуацій, внаслідок яких загинули 140 осіб (з них 24 дитини) та постраждало 780 осіб (з них 363 дитини)[13]. Державними службами та науковцями ведеться активна розробка новітніх інформаційних технологій, які допомагають у надшвидкий час обробляти інформацію про виникнення НС, але системи швидкого виявлення та попередження надзвичайних ситуацій недостатньо широко задіяні. Актуальним питання є інтероперабельність існуючих та впроваджених систем моніторингу та експертно інформаційно-аналітичних систем.

Україна є учасником понад 70 міжнародних угод і конвенцій, виконання яких вимагає обміну інформацією щодо стану навколишнього середовища та прогнозування його змін, тому створення, функціонування та подальший розвиток національної системи моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій має здійснюватись з урахуванням загальноприйнятих світових вимог. Відсутність моніторингу на чотирьох рівнях (космічний, авіаційний, наземний, геологічний) призводить до зниження рівнів достовірності прогнозів щодо виникнення надзвичайних ситуацій.

Аналіз світового досвіду створення систем моніторингу показав, що лідерами серед розвинутих країн є США та ЄС, в яких проводиться моніторинг небезпечних явищ, процесів, факторів із обов'язковим розміщенням засобів контролю на космічних платформах та передачею отриманої інформації на наземні центри моніторингу. Серед кращих зразків таких систем є Аварійна служба управління Європейського Союзу «Коперник» (Copernicus EMS), VS(США), RACHUBE (Японія) тощо.

Висновки та перспективи подальших досліджень. За сучасних умов, як один з ефективних шляхів розв'язання проблеми попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій є розробка ефективного інструменту контролю за небезпечними процесами, отримання моніторингової інформації, прогнозування ризиків виникнення небезпечних подій та надзвичайних ситуацій, а також підтримка управлінських рішень. Ймовірність виникнення таких НС досить висока у будь-якому регіоні України, тому робота над розробкою системи раннього виявлення НС актуальна для регіонів та держави в цілому.

1. Математические модели и методы проектирования систем раннего обнаружения пожара. Монография / И.А. Чуб, М.В. Новожилова, В.А. Андронов. – Харьков: НУЦЗУ. – 2014. – 148 с.
2. Emergency Management // John J. Fay, David Patterson [Електронний ресурс] –Режим доступу до ресурсу: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128092781000153>
3. Попов В.М. Показатели эффективности региональной системы техногенной безопасности / В.М. Попов, И.А. Чуб, М.В. Новожилова // Вестник Ко-мандно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2014. – № 2(20). – С. 32-41.
4. Nazirov, E. K., Nazirova, T. A.. Система сповіщення в надзвичайних ситуаціях "АСЕН"; Науковий вісник НЛТУ України, (2018) 28(1), 140-144. <https://doi.org/10.15421/40280128>
5. А.В. Львов, М.Н. Агапов, А.И. Тищенко «Триангуляционная система определения координат источника звука», Ползуновский вестник, № 2, с. 159-162 (2010) - Режим доступа: http://elib.altstu.ru/elib/books/Files/pv2010_02/pdf/158lvov.pdf

6. Emergency Response Community Effectiveness: A simulation modeler for comparing Emergency Medical Services with smartphone-based Samaritan response // Michael Khalemsky, David G.Schwartz [Електронний ресурс] –Режим доступу до ресурсу: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923617301252>
7. Назиров Э.К. Использование звукометрии в персональной системе оповещения о наступлении чрезвычайной ситуации/ Назиров Э.К.// Компьютерні технології в міському та регіональному господарстві: матер. Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., Харків-2015: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. — С. 155-156.
8. Анализ алгоритмов аудиоаналитики [Электронный ресурс] // сайт habrahabr.ru. – 2015. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/company/synesis/blog/250935/>.
9. An ontology for emergency notification systems accessibility//A.Malizia, T.Onorati, P.Diaz, I.Aedo, F.Astorga-Paliza [Електронний ресурс] –Режим доступу до ресурсу: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417409008768>
10. Application of satellite navigation system for emergency warning and alerting//Sue LynnChoy, John Handmer, Joshua Whittaker, Yuki Shinohara, Tomohiro Hatori, Naohiko Kohtake [Електронний ресурс] – <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019897151630031X>
11. Integrated community emergency management and awareness system: A knowledge management system for disaster support// Magiswary Dorasamy, Murali Ramana, Maniam Kaliannan [Електронний ресурс] – <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162517303426>
12. GSMA Intelligence Global Data [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.gsmaintelligence.com/>.
13. Державна служба України з надзвичайних ситуацій [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.dsns.gov.ua/>.

Рецензент: Новожилова Марина Володимирівна, завідувач кафедри прикладної математики і інформаційних технологій, Харківський національний університет міського господарства ім.О.М. Бекетова, доктор фізико-математичних наук, професор.