

В.О.Васюк, Н.К.Шатохіна

Донецький національний технічний університет, м. Донецьк
кафедра програмного забезпечення інтелектуальних систем

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ШАХТІ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Анотація

В.О.Васюк, Н.К.Шатохіна – Розробка та дослідження класифікації аварійних ситуацій на шахті на основі нечіткої логіки. У даній роботі, в ході досліджень, проаналізовано зв'язки доступних до аналізу показників із відповідними видами аварій. На базі діючих норм та знань експертів, побудовані правила чіткого та нечіткого висновку. Розроблена структура багаторівневої системи класифікації та описано принцип роботи системи.

***Ключові слова:** шахта, аварійна ситуація, системи автоматизованого диспетчерського контролю та управління, параметри контролю та аналізу, класифікація, неоднозначність, експертні системи, методи нечіткої логіки, терми, правила нечіткого висновку, експертні оцінки, нечіткі продукції, лінгвістична змінна, функції належності.*

Постановка проблеми Питання безпеки на об'єктах гірничого виробництва мають особливе значення. Аналіз та оцінка небезпеки можливих аварій є однією з ключових проблем. Оцінку і класифікацію аварійної ситуації здійснює гірничий диспетчер. Аналіз здійснюється на підставі показників датчиків, що видаються використовуваною на підприємстві системою автоматизованого контролю, та/або з урахуванням усних сповіщень від працівників.

На цьому етапі часто виникають труднощі. Оскільки автоматично вимірюється лише мала кількість показників, а доступна інформація має високу долю неоднозначності. В наслідок чого спостерігається відсутність однозначних правил, критеріїв і методів оцінки аварійних ситуацій. Також має місце висока залежність від людського чинника.

Способи усунення або урахування такої неоднозначності нині здебільшого базуються на суб'єктивному досвіді диспетчера або інших експертів і є недостатніми. Це призводить до помилкових рішень, які можуть вестися до тяжких наслідків.

Таким чином, створення інтелектуальної системи, що працює в режимі підтримки прийняття рішень, є актуальним для цієї предметної області[3].

Для розробки такої системи можуть бути використані можливості існуючих систем контролю і управління гірничим виробництвом у поєднанні із застосуванням експертних систем та методів нечіткої логіки[1].

Ціль статті – розробка структури, алгоритму та методів системи класифікації аварійних ситуацій на шахті.

Рішення задач та результати дослідження В рамках предметної області виділено, що на вугільних шахтах буває чотири основні види підземних виробничих аварій не технічного характеру, а саме : пожежа, вибух, обвал та затоплення або прорив води.

Аварійні ситуації характеризуються за допомогою аналізу невеликої кількості доступних до виміру показників таких як: температура (Т), рівень метану (СН₄), вуглекислого газу (СО), напрям повітря (V_{+/-}), наявність / відсутність струму на устаткуванні і в загальних лініях електроживлення (I_{+/-}). Так само вид аварійної ситуації уточнюється за допомогою аналізу ключових фраз що виділяються з набору можливих стандартних голосових сповіщень.

Згідно з нормувань правил безпеки встановлено норми автоматично вимірюваних параметрів, а їх можливі діапазони проградуєваний на терми, виділених експертами, лінгвістичних змінних: «низький», «середній», «високий», «дуже високий» рівень небезпеки. В системі класифікації, що розробляється , аналіз починається при підвищенні будь-якого з критичних вимірюваних параметрів до перед аварійної межі, що відповідає «середньому» або «високому» рівню небезпеки.

Однак, важливо враховувати не тільки поточний стан аеро-газової ситуації, а відстежувати швидкість і динаміку її протікання при аварійному або перед аварійному стані. Оскільки виміри датчиків фіксуються кожні 5 секунд, то можемо відстежувати динаміку змін як різницю отриманих показників вже через 10 – 15 секунд. Таким чином ми отримуємо необхідність введення таких параметрів як крутизна наростання чисельно фіксованих показників та швидкості розповсюдження порушень. Розрахунок цих параметрів представлено нижче (див. формули 1 – 2).

Також досить ефективно можна класифікувати вид аварії за допомогою ключових фраз сповіщення, які експерти з великою вірогідністю можуть співвіднести з певним видом аварії. Декілька ключових фраз можуть бути взаємодоповнюючими і складати певні ланцюжки, класифікуючи послідовностей. Набір цих правил може як і самостійно класифікувати ситуацію, так і використовуватися в якості доповнення базових правил системи.

На основі цього спроектована експертна системи класифікації аварій, яка може застосовуватися в якості допоміжної системи підтримки прийняття рішень. Ця системи складається з трьох блоків які поетапно класифікують вид аварії. Класифікація відбувається на основі співвідношення поточного стану вимірюваних показників та класифікуючих фактів із розробленими в рамках системи експертними правилами висновку.

Логіко-формальна модель спроектованої багаторівневої системи класифікації аварій представлена на рисунку 1.

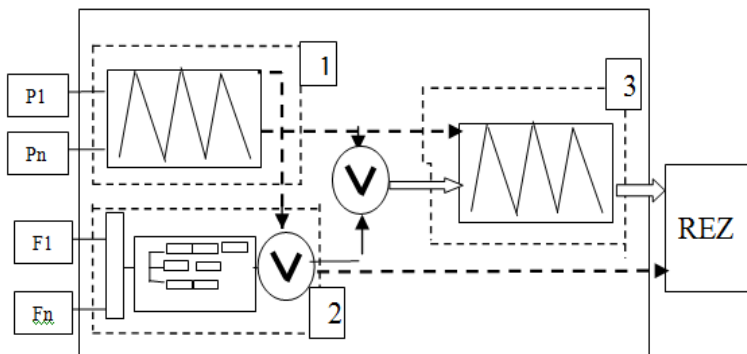


Рисунок 1 – Логіко-формальна модель багаторівневої системи класифікації аварій

Блок №1 проводить первісний аналіз критичності ситуації на основі даних які поступають з датчиків. Блок №2 аналізує набори наявних фактів, що допомагають класифікувати особливості та вид аварійної ситуації. У блоці №3 відбувається остаточний аналіз та класифікація аварії.

У блоці №1, на основі розробленої експертної таблиці, визначається «низький», «середній», «високий», «дуже високий» рівень небезпеки.

Вхідними даними виступають поточні автоматично фіксовані показники такі як: температура (Т), рівень метану (CH₄), вуглекислого газу (CO), напрям повітря (V_{+/-}), наявність / відсутність струму (I_{+/-}). Що є заголовками рядків таблиці. Для кожного вхідного параметру введено коефіцієнт важливості урахування.

Заголовками стовбців є вихідний критерій рівня аварійної небезпеки, а саме «низький», «середній», «високий», «дуже високий». Для визначення рівню експертним шляхом визначені діапазони належності.

Даний метод базується на ідеї прогнозування банкрутства підприємства А.О. Недосекина, та детальніше описаний в статті конференції [2].

Блок №2 даної системи класифікації на вході аналізує одну або кілька ключових фраз, виділених з голосового сповіщення. На основі розроблених експертних правил взаємодії, в ній визначається точність належності конкретного факту або набору фактів до тієї чи іншої аварії.

Правила, які використовуються в цьому блоці, описані в таблиці 1.

Таблиця 1 – Співвідношення ключових фраз сповіщення у класифікації

Позначення факту	Правила	Висновок		
		Код виходу	Тип	точність
f1=підвищення температури	f1orf2	СП	Пожежа	Середня (50 -65%)
	f2orf6orf10	СВ	Вибух	

Продовження Таблиці 1

Позначення факту	Правила	Висновок		
		Код виходу	Тип	точність
f2= струмінь гарячого повітря f3= хвиля пилу f4=запах диму \ гару \ плавлення	f1orf2	СП	Пожежа	Середня (50 -65%)
	f5orf6orf7orf10	ВВ	Вибух	
	f8orf3orf1	ВО	Обвал	
	f8orf9	ВЗ	Затоплення	
f5= різкий сплеск f6=ударна хвиля f7=зміна напрямку повітря; f8= зупинка струменю (низька швидкість потоку) f9=підвищений приплив води; f10=пропала напруга	f1andf10or f4andf1	ВВП	Пожежа	Дуже висока (81 -98%)
	f5andf6andf2 or f7andf2 or f3andf10	ВВВ	Вибух	
	f8andf3	ВВО	Обвал	
	f8andf9andf10	ВВЗ	Затоплення	

Блоки класифікації можуть використовуватися як незалежно одна від одної так і разом, використовуючи розширену сукупну базу правил та знань у блоці №3.

На вхід блоку №3 подається код висновку блоків №1 і №2, та поточне значення таких параметрів як:

1) вимірювані величини:СО – вуглекислий газ, СН₄ – метан, Т – температура повітря у виробці, Vb – швидкість повітря;

2) обчислювані коефіцієнти: К – крутизна змін вимірюваних параметрів, Р – швидкість розповсюдження області порушень.

3) відносні показники:V+/- – напрям повітря, I+/- показник наявності струму.

Крутизна наростання чисельно фіксованих показників виражається параметром К по формулі 1.

$$K=P_i-P_{i-1}; \quad (1)$$

де P_i – поточне значення параметру;

P_{i-1} – попереднє значення параметру.

По формулі 2 визначається параметр швидкості розповсюдження R.

$$R= \Delta L/ \Delta t; \quad (2)$$

де ΔL– відстань між двома однотипними датчиками , що спрацювали (у метрах);

Δt – час за який було зафіксовано нове значення, як різниця моменту сигналу попереднього та наступного датчиків (в секундах)

Ці коефіцієнти також розподілені на діапазони відносно виділених терм лінгвістичних змінних: «низька», «середня», «висока», «дуже висока».

Нечіткі експертні системи використовують представлення знань у формі нечітких продукцій та лінгвістичних змінних. Основу представлення лінгвістичної змінної є терм з функцією належності.

Наприклад, вид функції належності для концентрації базових параметрів класифікації представлено на рисунку 2.

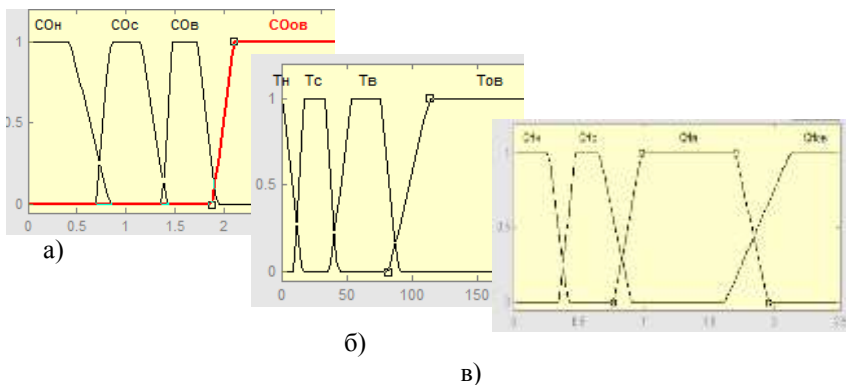


Рисунок 2 – Вид функцій належності для параметрів системи
а) вуглекислий газ (CO), б) температура (Т), в) метан (CH₄)

Блок №3 представляє собою нечітку експертну систему. Спосіб обробки знань є логічний висновок згідно нечітких продукцій. Формування моделі реалізується в виді сукупності продукційних правил типу (якщо, то ...), які регламентують взаємозв'язки вхідних та вихідних параметрів.

За допомогою операцій $\wedge x$ (І) та $\vee x$ (АБО) нечітку базу знань представимо в короткому вигляді (формула 3) :

$$\bigvee_{p=1}^{k_j} (\bigwedge_{i=1}^n (x_i = a_{i,jp}) w_{jp}) \rightarrow y = d_j, j = \overline{1, m}; \quad (3)$$

де a_{jp} – лінгвістичний терм, яким оцінюється змінна в рядку з номером jp ($p=1, k_j$);

k_j – кількість рядків-кон'юнкцій в яких вихід y оцінюється лінгвістичним термом d_j ;

w_{jp} – ваговий коефіцієнт правила з порядковим номером jp , число із діапазону $[0, 1]$, що задає відносну вагу правила при нечіткому логічному висновку ;

y – вихідна змінна, що належить до d_j лінгвістичної змінної з m кількості можливих термів.

Приклад кількох сформованих нечітких правил висновку, що використовуються у блоці №3 представлені нижче.

1.IF «угл.газ= COв» AND «температура= Тв» AND «метан= СНв» THEN «пожар»;

2.IF «угл.газ= COов» AND «температура= Тов» AND «метан= СНов» THEN «взрыв»;

3.IF «угл.газ= COс» AND «температура= Тс» THEN «обрушение»;

4.IF «угл.газ= COов» AND «температура= Тв» AND «метан= СНс» THEN «пожар»;

5.IF «угл.газ= COв» AND «температура= Тов» AND «метан= СНов» THEN «взрыв»

Передбачається, що проектована система може працювати у трьох режимах

1) Датчики працюють справно, та подають фіксовані данні у блоці №1. Висновок блоку №1 перевіряється або доповнюється значенням фактів отриманих із сповіщень, близьких до центру порушень, робітників. Сукупні данні та результати передаються на блок №3. Д згідно закладених правил підбирається найбільш точний вид аварії.

2) Блок №1 відпрацював, та отриманих даних достатньо для подальшого уточнення виду аварії в блоці №3.

3) Сповіщення надійшли раніше ніж датчики зафіксували відхилення вимірюваних параметрів від норми, або датчики \ лінії електропередач несправні Тоді класифікація може відбутися лише на базі цих фактів

На виході розроблена система видає користувачу найбільш уміст ний вид поточної аварії з зазначенням визначеної точності.

Висновки У даній статті представлена трьохрівнева система класифікації аварійних ситуацій на шахті та описані її основні принципи роботи. Застосований метод класифікації є поєднанням експертних систем із методами нечіткої логіки. Описана система рекомендована для використання на шахтах в роботі гірничого диспетчера. Використання такої системи прискорить процес визначення виду аварії, та зменшить кількість невдалих або невчасних рішень, а також знизить вплив людського чиннику, за рахунок постійного автоматичного аналізу доступних параметрів.

Список літератури

1. Блюмин С.Л. Моделі та методи прийняття рішень в умовах неоднозначності / С.Л. Блюмин, І.А. Шуйкова. Липецьк : ЛЕГІ, 2001.- 138с.

2. Матеріали докладів Х ювілейної міжнародної науково-практичної конференції 21- 23 листопада 2012г., Дніпропетровськ. 2012. – 117с.

3. Круглов В.В. Інтелектуальні інформаційні системи: комп'ютерна підтримка систем нечіткої логіки та нечіткого висновку /Віталій Володимирович Круглов. – М.: Фіз-матліт, 2002. – 165 с.