

Таким чином, більш точні дані про місцезнаходження персоналу дозволять прийняти найбільш оптимальні рішення з надання допомоги постраждалим під час пожежі і при ліквідації аварійних ситуацій.

Список літератури

1. Євстратенко І.А., Ошмянський, Євстратенко Л.І. Гірничорятувальна справа на гірничорудних підприємствах – Кривий Ріг, Видавничий центр, 2012 - 275с.
2. Ростехнадзор завершил расследование пожара на шахте в Соликамске / газета "Коммерсантъ". Прикамье. Пермь. - 09.05.2019. <https://www.kommersant.ru/doc/3966272>
3. М. О. Жуков, А. Е. Иванов, А. В. Мацко, И. В. Меркулов, Б. В. Нарымский Система наблюдения и оповещения персонала угольных шахт. Состояние и перспективы развития / Конструкторско-технологический институт вычислительной техники СО РАН, Новосибирск, Россия Том 18, Специальный выпуск, 2013
4. Благодарный А.И., Гусев О.З., Журавлев С.С и др. Автоматизированная система наблюдения, оповещения и поиска персонала при авариях в шахтах // Горная промышленность. 2009. № 1. С. 34–38.
5. Технологии позиционирования в реальном времени. <http://www.rtlsnet.ru/technology/view/4>
6. CSS (ISO 24730-5) Измерение расстояний без рулетки и проводов. <http://habrahabr.ru/post/153237/>
7. Технологии позиционирования в реальном времени [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.rtlsnet.ru/technology/view/4>
8. Овчинников С. Технологии локального позиционирования / Сергей Овчинников. // Технологии и средства связи. – 2014. – №3. – С. 26–30.
9. Технологии локального позиционирования. Часть I [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/company/rtl-service/blog/281837>
10. Технологии локального позиционирования. Часть II [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/company/rtl-service/blog/282357>
11. Методы локального позиционирования [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/company/rtl-service/blog/301706/>
12. А.В. Новиков, К.В. Паневник, І.В. Писарев. Багатофункціональна система безпеки вугільних шахт - практика застосування систем визначення місця розташування та оповіщення персоналу / «Гірська Промисловість» №2 (138) / 2018. <http://dx.doi.org/10.30686/1609-9192-2018-2-138-xx-xx>
13. Сертификат соответствия. Система позиционирования СППТМГШО - 2018. - Режим доступу до ресурсу: <https://spbec-mining.ru/upload/iblock/1cd/1cd48fbc1cb67bb8de014710ba1c96e7.pdf>.

Рукопис подано до редакції 10.03.2021

УДК 528.4

О. Є. КУЛКОВСЬКА, д-р техн. наук, проф., О. І. СУГАНЯКА, магістр
Криворізький національний університет

Ю. Ю. АТАМАНЕНКО, наук. співроб., Донецький юридичний інститут МВС України

ГІС-ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ І ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІЙ КРИВБАСУ ІЗ УРАХУВАННЯМ ЗОНУВАННЯ ЗА СТУПЕНЕМ ЗСУВНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

Мета. Дослідження використання геоінформаційних технологій для моніторингу і прогнозування розвитку територій Кривбасу із урахуванням зонування за ступенем зсувної небезпеки.

Методи дослідження. Поставлена мета та завдання дослідження зумовили використання загальнонаукових підходів, логічних законів побудови висновків, спеціальних методів пізнання. В якості методологічної основи дослідження вжито сполучення «нейромережевий аналіз». При виконанні завдань дослідження спиралося на світовий досвід застосування геоінформаційних технологій для картування та дослідження зсувів. Інформаційною базою дослідження слугували монографії, збірники наукових праць, періодичні фахові видання, Інтернет-ресурси.

Наукова новизна. Сформульовано критерії вибору ефективного геодезичного методу збору просторових даних, який забезпечує оперативне автоматизоване отримання картографічної інформації з заданою точністю і необхідним обсягом інформації для виявлення зсувонебезпечних територій на підставі нейромережевого аналізу.

Практична значимість. Визначається цільовим спрямуванням даного дослідження для потреб фахівців гірничопромислового комплексу Криворізького регіону. Розроблена карта зонування території за ступенем зсувної небезпеки стане допоміжним матеріалом для початку дослідницької роботи з вивчення просторово-часової зміни структури гірничопромислових ландшафтів Кривбасу та, відповідно, передумовою районування гірничопромислових ландшафтів на локальному та регіональному рівнях.

Результати. Встановлено, що не існує стандартів, що регламентують якість застосовуваних вихідних матеріалів для цілей регіонального зонування зсувних явищ. Більше уваги приділяється локальним методам кількісної

оцінки зсувних схилів. Доведено, що з розвитком комп'ютерних технологій автоматизація процесу картування і отримання коректних результатів за допомогою нейронних мереж можлива за рахунок підвищення якості вхідних даних. Рекомендовано для створення цифрової моделі рельєфу використовувати сучасні високоточні геодезичні методи, такі як повітряне лазерне сканування, технології гіперспектральних зйомок; для отримання геологічних даних слід користуватися картами крупнішого масштабу або отримувати дані на інженерно-геологічних свердловинах.

Ключові слова. Зонування території, цифрова модель рельєфу, нейромережевий аналіз, нейронні мережі, гірничопромислові ландшафти, ступінь зсувної небезпеки, гірничопромисловий комплекс.

doi: 10.31721/2306-5435-2021-1-109-19-25

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Серед найбільш небезпечних геологічних процесів і явищ одне з важливих місць займають зсуви. Утворення зсувів являє собою складний процес, на який впливає цілий ряд взаємопов'язаних факторів: геологічні умови, рельєф, кліматичні та антропогенні чинники [1]. Для активізації зсувних процесів в більшості випадків необхідно особливе поєднання природних факторів. Окремі ж передумови і чинники не завжди справляють істотний вплив на процес розвитку зсувів. Тому для великомасштабного аналізу зсувної небезпеки доцільно комплексне вивчення цих факторів. Відповідно, основним завданням є збір якомога більшої кількості даних, по яким згодом будуться карти імовірності утворення обвалів на території дослідження.

Аналіз досліджень і публікацій. Створенню інформаційних систем, які направлено на запровадження оперативного використання цифрових карт та вдосконалення геоінформаційних систем (ГІС) приділено дуже багато уваги як вітчизняними, так і зарубіжними вченими. Підставою для виконання дослідження слугували роботи Ананьєва С. М., Альошина Ю.Г., Бойко Є. С., Савчина І. Р., Третяка К. Р. та ін. Зокрема, методу застосування нейронних мереж, визначенню параметрів вихідних даних для зонування і структури нейронної мережі присвячено роботи Кузина А. О.

Постановка задачі. Світовий досвід використання геоінформаційних технологій для картування та дослідження зсувів вказує на значну поширеність методик просторового аналізу та статистичного інструментарію ГІС. За останні роки було розроблено різні методи комплексного аналізу геологічного середовища з метою прогнозування зсувів різного генезису. Загальноприйняті методики базуються на створенні тривимірних моделей досліджуваних територій, об'ємної деталізації зсувонебезпечних схилів за допомогою фотограмметричної обробки даних дистанційного зондування, наземної або повітряної лазерної зйомки, GNNS- картування [2–7].

Виклад матеріалу і результати. В Криворізькому регіоні зосереджено: 45 працюючих і непрацюючих шахт з видобутку залізної руди; 41 кар'єр, з яких 11 є працюючими; 104 відвали розкривних гірських порід; 26 провальних зон і зон зрушення в полях шахт; 15 шламосховищ гірничо-збагачувальних комбінатів і рудників; 28 спелеологічних об'єктів (розкриті стволи закинутих шахт, розкриті старі штольні штреки шахт, провальні колодязі тощо) [8, 9]. На сьогоднішній день загальна площа гірничопромислових ландшафтів (ГПЛ) Кривбасу становить 17,1 тис. га. З них площадна структура ГПЛ виглядає наступним чином: площа кар'єрів становить понад 4,2 тис. га; площа відвалів – 7,0 тис. га; площа екстрактивних ландшафтів (шламосховищ) – 5,5 тис. га; площа шахтних провалів і зон зрушення – 3,4 тис. га. Після кар'єрів і відвалів, провальні ландшафти являють третю групу гірничопромислових антропогенних ландшафтів. За морфогенетичними рисами організації рельєф рудників Кривбасу може бути поділений на 2 групи: провальний рельєф та рельєф зони зрушення [10].

Власне провальний рельєф представлений такими формами рельєфу, як провальні лійки (поодинокі, ланцюгові), провальні колодязі (вертикальні в днищах лійок) провальні котловини (найбільші – довжиною до 400 – 500 м), провальні каньйони (самі грандіозні провалля). Рельєф зони зрушення розвинутий по периферії провальних зон. В цій зоні гірські породи та земна поверхня опускаються плавно або блоками з утворенням тріщин. Так формуються форми рельєфу – тріщини відсідання та тераси відсідання, з характерною для терас будовою [9, 11]. Місцезположення найбільших провалів та зон зрушення м. Кривого Рогу зображено на рис. 1. Коротка інформація про них міститься на рис. 2.

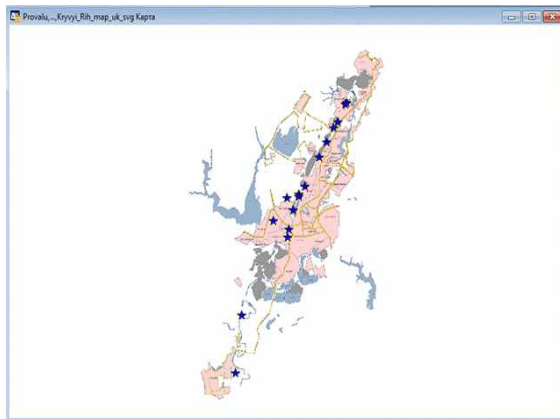


Рис. 1. Зображення положення провалів та зон зрушення на карті міста

Number	Name	Longitude	Latitude	Type
1	Колішній РУ ім. Леніна (зарез - шахта ім. Леніна ВАТ Криворізаліурдум та ім. Орджонікідзе Б	48,0961	33,4999	зона зрушення
2	Колішній РУ ім. Леніна (зарез - шахта ім. Леніна ВАТ Криворізаліурдум та ім. Орджонікідзе Б	48,0939	33,4965	провальна зона
3	Колішній РУ ім. Р. Локсенбург (зарез - шахта Гвардійської ВАТ Криворізаліурдум)	48,0668	33,477	зона зрушення
4	Колішній РУ ім. Р. Локсенбург (зарез - шахта Гвардійської ВАТ Криворізаліурдум)	48,0584	33,467	провальна зона
5	ВАТ РУ Суха Балка (зарез - шахта Ювілейної)	48,0368	33,4494	зона зрушення
6	Колішній РУ ім. Фрунзе (зарез - шахта ім. Фрунзе ВАТ РУ Суха Балка)	48,013	33,4313	зона зрушення
7	Колішній РУ ім. К. Лібнехта (зарез - шахта Батьківщини ВАТ Криворізаліурдум)	47,9692	33,3957	зона зрушення
8	Колішній РУ ім. Кірова (зарез - шахта Артем-1 шахтоуправління ВАТ АрселорМіттал Кривий Ріг)	47,9561	33,3804	зона зрушення
9	Колішній РУ ім. Кірова (зарез - шахта Артем-1 шахтоуправління ВАТ АрселорМіттал Кривий Ріг)	47,9528	33,3803	провальна зона
10	р-н кладовища «Західне» (результат гірничих робіт шахти «Родина» ВАТ «Криворізький залізору	47,9494	33,351	зона зрушення
11	Колішній РУ ім. Держинського (зарез - рудник ВАТ ММК ім. Ілліча)	47,9322	33,3661	зона зрушення
12	Колішній РУ ім. МОДРУ (зарез - шахта №1 ім. Айдарів)	47,9142	33,3165	зона зрушення
13	Колішня шахта ім. ЗОТ колішнього РУ ім. Ілліча	47,9038	33,3549	провальна зона
14	Колішня шахта ім. Валерко-Підена колішнього РУ ім. Ілліча	47,8922	33,3516	зона зрушення
15	Колішній бурозалізковий РУ Польовий	47,7725	33,2361	провальна зона

Рис. 2. Коротка характеристика провалів та зон зрушення Кривбасу

В нашому випадку, зонування міста за ступенем зсувонебезпеки будемо, використовуючи програмне забезпечення (ПЗ) Surfer. Зручність інтерфейсу, насиченість функціональними можливостями є значною перевагою Surfer. Особливо її актуальність виражається у випадках аналізу великих об'ємів інформації, а не лише під час формування результатів у вигляді презентаційної графіки.

Для зонування території, спочатку необхідно проаналізувати фактори, які можуть спричинити зсув на даній території. Для цього скористаємося програмним забезпеченням AutoCAD. Спочатку загрузаємо карту міста, і виділяємо на ній усі зсувоутворюючі фактори. В нашому випадку, це, в першу чергу, наявні ділянки із зсувами, гірничі об'єкти, а також тектонічні розломи даної території (рис. 3).

Ознайомившись із усіма зсувоутворюючими факторами, будемо умовну сітку координат, сторони квадрату якої рівні 5 км. Для початку проаналізуємо можливість виникнення зсувонебезпеки на території міста за наявними тектонічним розломами: визначимо координати центру квадрату, рахуємо кількість тектонічних розломів, що входять в кожний квадрат сітки.

В нашому випадку, кількість розломів в квадраті відповідає величині класу небезпеки. Побудована карта ймовірності зсувоутворення на території м. Кривого Рогу з врахуванням тектонічних розломів (рис. 4) свідчить, що найбільша кількість тектонічних розломів зосереджена під інфраструктурою міста, що значно збільшує вірогідність утворення зсувів на даній території. Відповідно, територія, яка знаходиться в межах 4 – 6 класу, має критичний ступінь ризику виникнення надзвичайної ситуації (НС), викликаною тектонічними розломами (ТР).

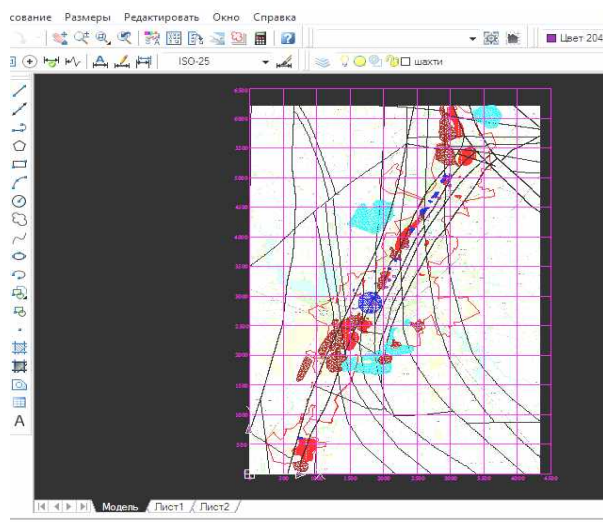


Рис. 3. Вивчення зсувоутворюючих факторів міста в AutoCAD

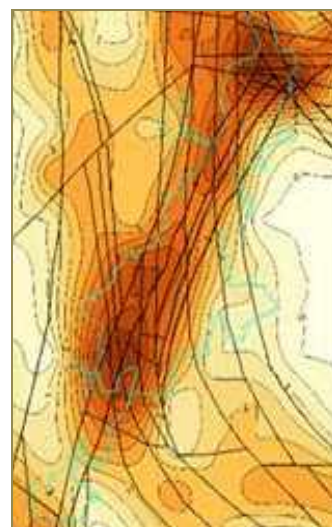


Рис. 4. Співставлення карти зонування території за ступенем виникнення зсувної небезпеки з межею міста і тектонічними розломами

Проаналізуємо можливість виникнення зсувонебезпеки на території міста по наявним гірничим об'єктам (робочі та неробочі кар'єри і шахти, відвали, відстійники, хвостосховища). Використовуємо ту саму методику, тільки замість тектонічних розломів рахуємо кількість об'єктів, що потрапляють в кожен квадрат сітки. Відповідно, клас небезпеки зсувоутворення відповідає кількості небезпечних об'єктів.

На найбільш небезпечну територію міста припадають Центральні-міський та Саксаганський райони. Територія, яка знаходиться в межах 4 – 5 класу, має критичний ступінь ризику виникнення НС внаслідок антропогенної діяльності. Відповідно, територія, що припадає на 0 – 2 має незначну ймовірність для розвитку зсувної небезпеки, а територія в межах 2 – 4 класу – ймовірний ступінь виникнення. Проаналізувавши можливість виникнення НС на території міста за наявними тектонічними розломами та антропогенними ландшафтами, узагальнено отриманий результат, створивши карту зонування території за ступенем зсувної небезпеки, враховуючи обидві зсувоутворюючі причини (рис. 5, 6).

Наукові дослідження, робота з архівними і проектними матеріалами дозволила у підсумку зобразити положення ТР та гірничопромислових ландшафтів (ГПЛ) на карті міста. Розроблена база є допоміжним матеріалом для початку дослідницької роботи з вивчення просторово-часової зміни структури ГРЛ Кривбасу, передумовою їх районування на локальному та регіональному рівнях та для врахування структури ГПЛ (особливо історичних) в розробці генплану міста. Співставлення зон небезпеки із інфраструктурою показано на рис. 7.

З метою виявлення зсувонебезпечних територій нашого міста на основі нейронних мереж, можемо врахувати такі дев'ять факторів: геологічна будова схилу; крутизна схилу; експозиція схилу; сумарний стік і відстань до річок і озер; висота місцевості; наявність доріг; наявність населених пунктів [12]. Для моделювання зсувної небезпеки слід створити базу даних цифрових матеріалів за допомогою функціональних можливостей ГІС ArcGIS. Дані збираються, готуються і вводяться в геоінформаційне середовище зі створенням баз даних [1, 13].

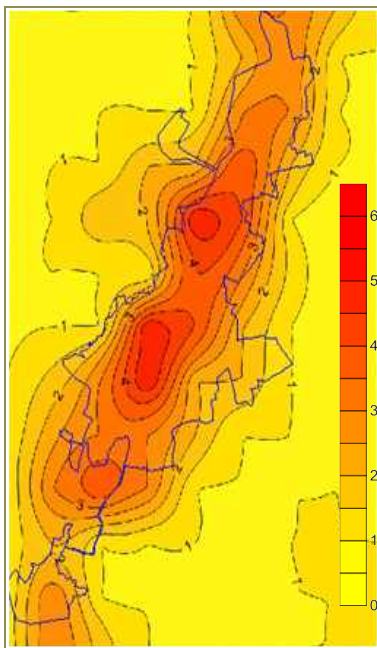


Рис. 5. Зонування території за ступенем виникнення зсувної небезпеки міста за двома факторами

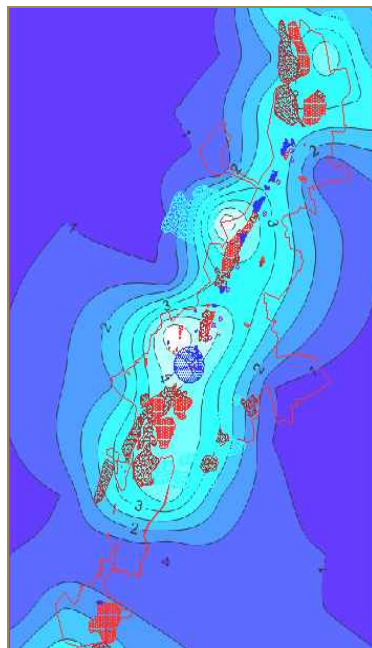


Рис. 6. Співставлення карти зонування території за ступенем виникнення зсувної небезпеки з межею міста і гірничими об'єктами

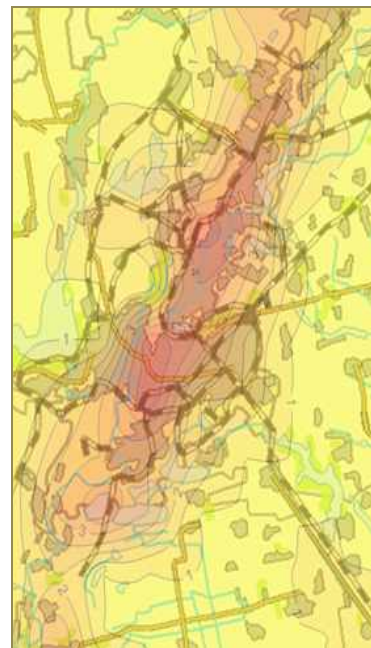


Рис. 7. Співставлення інфраструктури міста із зонуванням території за ступенем ризику виникнення НС

Матеріали, що повинні бути опрацьовані і завантажені в базу даних (БД) включають: глобальну цифрову модель рельєфу (може бути отримана за допомогою супутникового радіометра теплового випромінювання та відображення); геологічну карту масштабу 1:200 000 та топографічну карту масштабу 1:50 000. На наступному етапі формування БД слід виконати роботу із: відеоцифрування, створення топологічних покриттів і атрибутивних таблиць для елементів моделювання (геологічної будови, населених пунктів, доріг, річок і зсувів); розрахунку морфо-

метричних показників рельєфу – крутизни та експозиції схилу, сумарного стоку; розрахунку відстаней до вододілів, доріг і шосе, населених пунктів, до межі лісу.

Після формування БД всі тематичні шари перетворюються в GRID-растри в напівтоновому кольорованому режимі (Grayscale) з розміром осередку 5 x 5 км для застосування в нейронній мережі [14]. Процес підготовки даних полягає в присвоєнні числових значень всім вище перерахованим параметрам і нормалізації отриманих даних. Вихідні значення ознак (кількісні показники факторів) змінюються в дуже великому діапазоні, і робота нейронних мереж з такими даними може виявитися некоректною. Так, в одному вхідному параметрі можуть міститися значення, що відрізняються один від одного на кілька порядків (наприклад, кут нахилу поверхні і відстань до забудованої території мають різні одиниці і різні інтервали значень). Такий дисбаланс між значеннями ознак може викликати нестійкість роботи моделі, погіршити результати навчання і уповільнити його. Після нормалізації всі значення вхідних ознак будуть приведені до вузького діапазону [0...1], що дозволить моделям працювати з ними більш коректно. В якості інструменту аналізу можна обрати метод зворотного поширення помилки навчання в програмному пакеті Stuttgart Neural Network Simulator (SNNS).

Застосовуючи штучні нейронні мережі для виявлення зсувонебезпечних ділянок, дані зазвичай розподіляють на дві підмножини: навчальні (тренувальні) і тестові. Тренувальні дані повинні містити відомі вихідні значення, в нашому випадку такими є растровий шар зсувів.

Досліджувану територію поділяють на два класи: клас території з існуючими зсувами і клас території без зсувів. За допомогою тренувальних даних проводять навчання нейронної мережі по схемі, зображеній на рис. 8. Кількість прихованих шарів і кількість вузлів в прихованому шарі, необхідні для вирішення завдання класифікації, підбираються досвідченим шляхом. Найкраща класифікація може бути досягнута при тришаровій структурі нейронної мережі, тобто – 8 вхідних, 7 прихованих і 1 вихідний шар.

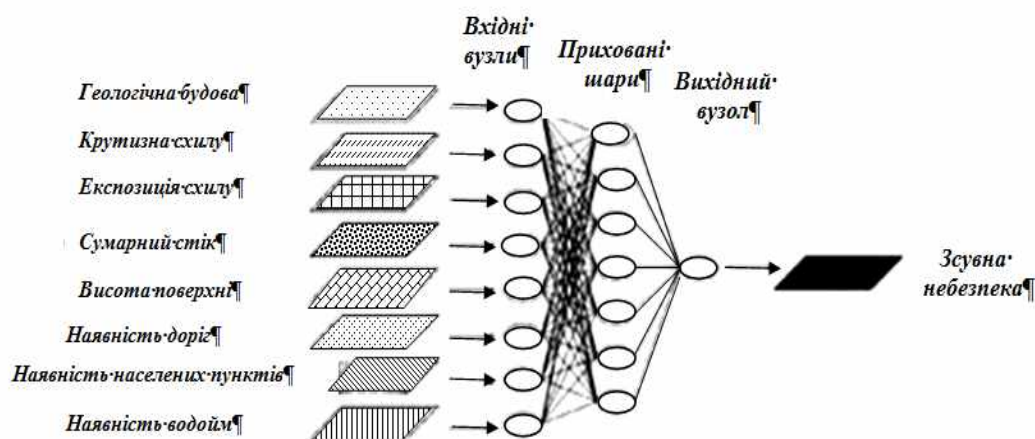


Рис. 8. Структура тренувальної мережі для виявлення зсувонебезпечних територій в програмному пакеті SNNS

Вхідний набір даних, на якому мережа повинна бути навчена, подається на вхідний шар мережі, і мережа функціонуватиме в нормальному режимі (тобто обчислюватиме вихідні дані). Отримані дані порівнюються з відомими вихідними даними (растровий шар зсувів) для розглянутого вхідного набору. Різниця між отриманими і відомими (досвідченими) даними є вектор-помилками. Вектор помилки використовується для модифікування вагових коефіцієнтів вихідного шару з тим, щоб при повторній подачі того ж набору вхідних даних вектор помилки зменшувався. Потім таким же чином модифікуються вагові коефіцієнти прихованого шару, на цей раз порівнюються вихідні сигнали нейронів прихованого шару і вхідні сигнали нейронів вихідного шару. Метою даного порівняння є формування вектора помилки для прихованого шару [14]. Вектор помилки коригується за допомогою коефіцієнта швидкості навчання – параметра нейронної мережі, який дозволяє корегувати вагу на кожній ітерації. В алгоритмі зворотного розповсюдження помилки коефіцієнт швидкості навчання вводиться в діапазоні від 0 до 1. При значенні коефіцієнта, що дорівнює нулю, корегування ваг проводиться не буде. Вибір параметра суперечливий. Великі значення (0,7 – 1) будуть відповідати великому значенню кроку корекції. При цьому алгоритм буде працювати швидше (для пошуку мінімуму функції помилки

потребується менше кроків), однак може знизитися точність налаштування на мінімум, що потенційно збільшить помилку навчання. Малі значення коефіцієнта (0,1 – 0,3) відповідають меншому кроку корекції ваги. Мережа навчається шляхом пред'явлення кожного вхідного набору даних і наступного поширення помилки. Цей цикл повторюється багато разів. На кожному циклі алгоритму зворотного поширення вагові коефіцієнти нейронної мережі модифікуються так, щоб поліпшити рішення одного прикладу. Таким чином, в процесі навчання циклічно вирішуються однокритеріальні завдання оптимізації.

Висновки та напрями подальших досліджень. При огляді нормативної документації і науково-технічної літератури з вивчення зсувів виявлено, що не існує стандартів, що регламентують якість застосовуваних вихідних матеріалів для цілей регіонального зонування. Більше уваги приділяється локальним методам кількісної оцінки зсувних схилів. З розвитком комп'ютерних технологій робляться спроби з автоматизації виявлення зсувонебезпечних ділянок. Геодезичне забезпечення регіонального зонування територій за ступенем небезпеки проявів зсувних процесів передбачає створення цифрової моделі рельєфу (ЦМР). Обробка ЦМР дозволяє отримати основні морфометричні показники, необхідні для виявлення зсувонебезпечних територій. Оскільки регіональне зонування виконується на великих територіях, важливим у створенні ЦМР є вибір ефективного геодезичного методу збору просторових даних, який забезпечує оперативне автоматизоване отримання картографічної інформації з заданою точністю і необхідним обсягом інформації. Покращити результати, одержані за допомогою нейронних мереж, можливо за рахунок підвищення якості вхідних даних: цифрова модель рельєфу повинна бути створена більш високоточними геодезичними методами, наприклад за результатами повітряного лазерного сканування; для отримання геологічних даних слід використовувати карти крупнішого масштабу або отримувати дані на інженерно-геологічних свердловинах.

Розроблена карта зонування території за ступенем зсувної небезпеки стане допоміжним матеріалом для початку дослідницької роботи з вивчення просторово-часової зміни структури гірничопромислових ландшафтів Кривбасу та, відповідно, передумовою районування ГПЛ на локальному та регіональному рівнях.

Список літератури

1. Кузин А. А. Выделение оползнеопасных территорий на основе методов нейронных сетей [Текст] / А. А. Кузин // Записки Горного института. – 2013. – Т. 204. – С. 46-52.
2. Алешин Ю. Г. Прогнозные оценки в зонах оползневое поражения [Текст] / Ю. Г. Алешин, И. А. Торгоев, К. А. Абиров // Сергеевские чтения. – 2010. – № 12. – С. 85-90.
3. Ананьев С. М. Цифрові моделі рельєфу як засоби опису структури земної поверхні [Текст] / С. М. Ананьев, О. О. Мойсєєнко // Геоінформатика. – 2002. – № 2. – С. 44-48.
4. Беспалова Е. Н. Влияние атмосферных осадков на развитие оползневое процесса в Среднем Приднпровье [Текст] / Е. Н. Беспалова // Геол. журнал. – 2003. – № 2. – С. 103-106.
5. Бойко Е. С. Современные методы исследования поверхности земли в инженерно-топографических изысканиях. Тенденции и проблемы развития [Текст] / Е. С. Бойко // Инженерные изыскания. – 2009. – №3. – С. 58-61.
6. Бондарик Г. К. Инженерная геодинамика [Текст] / Г. К. Бондарик, В. В. Пендин, Л. А. Ярг. – М.: КДУ, 2007. – 327 с.
7. Вплив гірничого виробництва на природний ландшафт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://um.co.ua/3/3-7/3-75155.html/>. – 04.02.2021. – Назва з екрану.
8. На шляху до повного вивчення гірничопромислових ландшафтів Кривбасу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://kdpu.edu.ua/pryroda-kryvorizhzhia/fizykoheohrafichnakharakterystyka /landshafty/1345-na-shliakhu-do-povnoho-vyvchennia-hirnychopromyslovykh-landshaftiv-kryvbasu.html/](http://www/ url: https://kdpu.edu.ua/pryroda-kryvorizhzhia/fizykoheohrafichnakharakterystyka /landshafty/1345-na-shliakhu-do-povnoho-vyvchennia-hirnychopromyslovykh-landshaftiv-kryvbasu.html/). – 04.02.2021. – Назва з екрану.
9. Пустоти Кривого Рогу. Знову обвал [Електронний ресурс]. – Режим доступу WWW/ URL: <http://kri.com.ua/5683-pustoty-krivogo-roga-snova-obval-fotore-portazh.html/>. – 04.02.2021. – Назва з екрану.
10. Куликовская О. Е. Совершенствование автоматизированной обработки и интерпретация маркшейдерско-геодезических данных для Криворожского региона / О. Е. Куликовская, В. Д. Сидоренко // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог, 2002. – Вып. 80. – С. 77–82.
11. Куликовская О. Е. Оценка влияния экзогенных процессов на результаты измерений смещений земной поверхности / О. Е. Куликовская, В. Д. Сидоренко, М. П. Сергеева // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог, 2002. – Вып. 81. – С. 70–75.
12. Янчук О. Є. Геодезичний моніторинг техногенно-навантажених територій [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.24.01 / О. Є. Янчук. – Львів: Нац. ун-т «Львівська політехніка», 2011. – 18 с.
13. Третяк К. Р. Розроблення методики до розрахунку надійності активних моніторингових геодезичних мереж [Текст] / К. Р. Третяк, І. Р. Савчин // Вісник геодезії та картографії. – 2013. – № 1. – С. 5–10.
14. Кузин А. А. Геодезическое обеспечение зонирования территории по степени опасности проявлений оползневых процессов на основе применения ГИС-технологий [Текст] / А. А. Кузин // Записки Горного института. – 2012. – Т. 199. – С. 141-144.

Рукопис подано до редакції 10.03.2021