

О.О. ШУМЕЙКО, д.т.н, професор
 Д.С. ПІКАРЕНЯ, д.геол.н, професор
 Д.Б. ДМИТРІЄНКО, магістр
 Дніпровський державний технічний університет, Кам'янське

Використання спектральної інверсії для виявлення процесу руйнування гірських порід

В роботі запропоновано метод фіксації часу розриву суцільності ґрунту, у результаті порушення природної рівноваги залягання прошарків порід на основі реєстрації електромагнітного випромінювання, яке виникає як під час природних процесів, так і внаслідок діяльності людини. Для виявлення відповідного сигналу запропоновано використовувати систему фільтрів на основі методу спектральної інверсії, а для фільтрації періодичного технологічного шуму — використати дискретне косинус-перетворення.

Вступ

Процеси руйнування суцільності гірських порід під впливом природних факторів або діяльності людини привертають великої уваги у зв'язку з прогнозуванням їх можливих наслідків. Однією з форм проявлення руйнування порід є утворення зсувів ґрунту. Зсуви виникають у результаті порушення природної рівноваги залягання прошарків гірських порід з розривом їх суцільності і переміщенням у горизонтальному або близькому до нього напрямі. Вони виникають на схилах долин або річкових берегів, у горах, на берегах морів тощо, а також у результаті діяльності людини (техногенні зсуви при гірничих та будівельних та інших роботах).

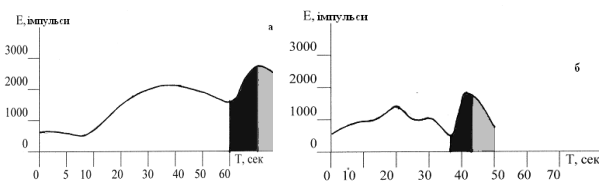
Характерною особливістю зсувів є раптовість їх утворення та доволі висока швидкість їх розвитку. Вони призводять до формування зсувного рельєфу та руйнуванню будь-яких побудов на поверхні та під землею, інколи до загибелі людей. Тому прогнозування зсувів та запобігання їх розвитку є актуальною задачею інженерного захисту територій. Розвиток зсувів зазвичай складається з трьох стадій: перша — початкова — виникнення та розвиток напружень у масиві ґрунтів, які спрямовані на відривання майбутнього зсуву від материнської породи; друга — власне зсувна — формування тріщини відриву тіла зсуву та його рух по поверхні ковзання; третя — заключна — поступове зменшення швидкості руху зсувних мас ґрунту, формування фронтального валу (бугра) пучення (випирання) та остаточне припинення руху зсуву.

Постановка задачі

Запобігти розвитку зсувного процесу можна лише на першій стадії або на вранішніх етапах розвитку другої, тому саме прогнозування та вивчення напружень у породному масиві дає змогу відвернути зсув. Одним з методів, який дозволяє таке вивчення, є геофізичний метод природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ), котрий вже доволі успішно застосовується при вирішенні інженерно-геологічних та інших задач [1]. Він заснований на реєстрації електромагнітного випромінювання, яке виникає як під час природних процесів, так і внаслідок діяльності людини. Не вдаючись в теорію виникнення природного електромагнітного поля, відмітимо, що головними факторами його формування та змінення є п'єзоелектричний ефект у мінералах та гірських породах та різноспрямовані деформації та напруження тектонічних порід, в тому числі ті, що призводять до їх руйнування (утворення тріщин та розривів).

Наприклад, експерименти, що проведені Г.М. Стівас та ін. [2] показали, що під час стискування зраз-

ків піщаника спостерігається зростання електромагнітних імпульсів, а в момент руйнування зразків їх кількість різко зменшується (рис. 1). Ці та інші дослідження дозволяють говорити про те, що перед тим, як почнеться друга стадія утворення зсуву, буде відчутно зростати кількість електромагнітних імпульсів, а лавиноподібний характер їх зросту може свідчити про скорий відрив мас ґрунту. Саме на цей стадії можна вживати заходів для недопущення прояву зсуву.



темно-сіра область відповідає інтервалу тріщиноутворення;
 світло-сіра область відповідає повному руйнуванню зразка.

Рис. 1. Природне імпульсне електромагнітне випромінювання, що виникає при руйнуванні зразків піщаників [2].

Аналіз сигналу

Геофізична апаратура, яка застосовується для реєстрації ПЕМПЗ, дозволяє вивчати не тільки кількість електромагнітних імпульсів, але й вивчати їх форму. Найбільш типовою є форма, наведена на рис. 2, отже, її виділення серед інших форм дозволить казати про загальну кількість імпульсів. Зазвичай, це виконується вручну, шляхом візуального перегляду та аналізу графіків, отриманих для кожної точки зйомки ПЕМПЗ. Це

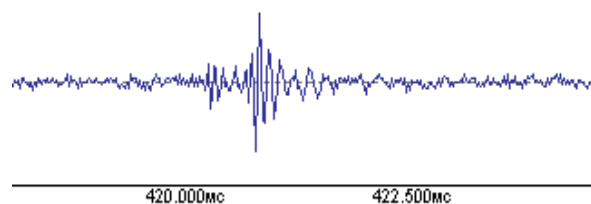


Рис. 2. Типова форма електромагнітного імпульсу ПЕМПЗ

призводить до підвищення помилок, а при великому обсягу досліджень взагалі унеможливує виділення імпульсів. Тому виникла необхідність автоматизувати аналіз графіків ПЕМПЗ шляхом розробки спеціалізованого програмного забезпечення.

Форма сигналу ПЕМПЗ (який у подальшому будемо позначати як \bar{h}_n) має характерний вигляд.

Для виділення сигналу ПЕМПЗ було запропоновано використовувати систему фільтрів на основі методу спектральної інверсії. Нехай вхідний сигнал (наприклад, рис. 3) x_n розкладається на високочастотну \tilde{x}_n та низькочастотну складові \bar{x}_n : $x_n = \bar{x}_n + \tilde{x}_n$. Для отримання низькочастотного сигналу будемо використовувати фільтр з ядром \bar{h}_n , тобто, $\bar{x}_n = x_n * \bar{h}_n$. Використовуючи властивість згортки: $x_n = x_n * \delta_n$,

де $\delta(t)$ — дельта функція в нулі та $\delta_n = \delta(t-n)$, маємо $\tilde{x}_n = x_n - \bar{x}_n = x_n * \delta_n - x_n * \bar{h}_n = x_n * (\delta_n - \bar{h}_n)$, тобто ядро фільтру високих частот $\tilde{h}_n = \delta_n - \bar{h}_n$. Таким чином, ядро фільтру високих частот отримується з ядра фільтру низьких частот з тією ж частотою, шляхом додавання до δ -функції інвертованого ядра низькочастотного фільтру.

Послідовна фільтрація вхідного сигналу N раз, де N — довжина носія \bar{h}_n дозволяє ефективно виділити місце і час руйнування породи ґрунту.

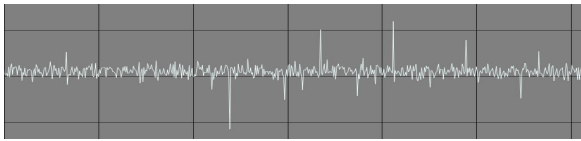


Рис. 3. Сигнал з наявною частотою, яка відповідає руйнуванню породи

Але, необхідно зазначити, що у разі, коли процес руйнування проходить у зоні активної технологічної діяльності, на сигнал накладається технологічний шум. Як правило, він має періодичний характер, що може бути результатом роботи компресорів, двигунів, діяльністю стільникового зв'язку та ін. (див. рис. 4)

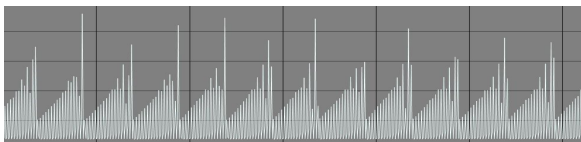


Рис. 4. Сигнал з періодичним шумом

Фільтрація періодичних технологічних шумів

Таким чином, першим кроком для того, щоб знайти типову форму електромагнітного імпульсу ПЕМПЗ, треба провести чистку сигналу від періодичного технологічного шуму.

З цією метою було запропоновано використати дискретне косинус-перетворення в якості методу фільтрації періодичних даних.

Дискретне косинус-перетворення (DCT) перетворює скінченну послідовність N дійсних чисел

h_0, h_1, \dots, h_{N-1} в іншу скінченну послідовність N дійсних чисел H_0, H_1, \dots, H_{N-1} за правилом

$$H_0 = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{i=0}^{N-1} h_i, \quad H_k = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{i=0}^{N-1} h_i \cos \frac{\pi k(2i+1)}{2N} \quad (k=1, 2, \dots, N-1),$$

до того ж, має місце зворотне перетворення

$$h_k = \frac{1}{\sqrt{N}} H_0 + \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{i=1}^{N-1} H_i \cos \frac{\pi i(2k+1)}{2N} \quad (k=0, 1, \dots, N-1).$$

Для фільтрації періодичних даних запропоновано наступний алгоритм. Для множини даних x_i ($i = 0, 1, \dots, n-1$) виберемо число $N \ll n$, тоді нехай $K = [n/N]$ (де $[\cdot]$ — ціла частина числа). Знайдемо множину коефіцієнтів дискретного косинус-перетворення

$$H_{0,j} = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{i=0}^{N-1} x_{i+jN},$$

$$H_{k,j} = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{i=0}^{N-1} x_{i+jN} \cos \frac{\pi k(2i+1)}{2N} \quad (k=1, 2, \dots, N-1), (j=0, 1, \dots, K).$$

Та отримаємо середнє значення отриманих коефіцієнтів

$$\bar{H}_k = \frac{1}{K} \sum_{i=0}^{K-1} H_{k,i}, \quad (k=0, 1, \dots, N-1).$$

Тоді відновлення значення сигналу, які відповідають даним коефіцієнтам Фур'є будуть дорівнювати

$$\tilde{x}_{k+jN} = \frac{1}{\sqrt{N}} \bar{H}_0 + \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{i=1}^{N-1} \bar{H}_i \cos \frac{\pi i(2k+1)}{2N} \quad (k=0, 1, \dots, N-1), (j=0, 1, \dots, K).$$

Помилка відновлення сигналу на кожному проміжку $[jN, (j+1)N]$ ($j = 0, 1, \dots, K$) буде дорівнювати

$$\varepsilon_{N,j} = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} (x_{i+jN} - \tilde{x}_{i+jN})^2}$$

і загальна похибка буде

$$\varepsilon_N = \frac{1}{K} \sqrt{\sum_{i=0}^{K-1} \varepsilon_{N,i}^2}.$$

Виберемо \tilde{N} таке, що $\min_N \varepsilon_N = \varepsilon_{\tilde{N}}$, тобто, для періоду \tilde{N} помилка буде мінімальна і даний період найбільш відповідає періоду технологічних завод. Прибираючи отримані періодичні шуми

$$y_{i+j\tilde{N}} = x_{i+j\tilde{N}} - \tilde{x}_{i+j\tilde{N}},$$

отримаємо сигнал, очищений від періодичного технологічного шуму (див. рис. 5).

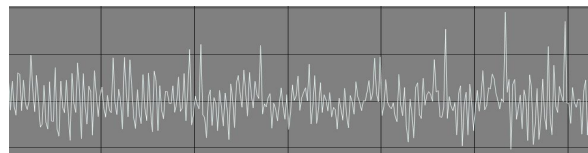


Рис. 5. Сигнал очищений від періодичного шуму

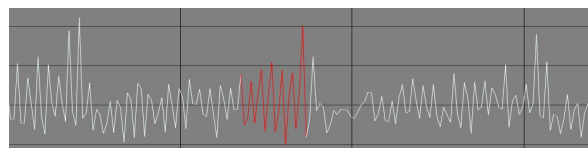


Рис. 6. Результат фільтрації очищеного сигналу за допомогою згортки з типовим електромагнітним імпульсом ПЕМПЗ

Висновки

Використання дискретного косинус-перетворення дозволяє досить ефективно боротися з періодичним технологічним шумом, а послідовне використання згортки відфільтрованого сигналу з відомим електромагнітним імпульсом ПЕМПЗ, дозволяє з високою точністю визначити час розриву суцільності ґрунту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пикареня Д. С. Опыт применения метода естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) для решения инженерно-геологических и

геологических задач / Д.С. Пикареня, О.В. Орлинская. – Днепропетровск: Изд-во «СВИДЛЕР», 2009. – 120 с.

2. Орлинская О. В. О влиянии электромагнитных полей на образование гидротермально-метасоматических рудных формаций / О. В. Орлинская, Д. С. Пикареня, Г. М. Стюас [та ін.] // 36. наук. праць УкрДГРІ. – 2007. – № 2. – С. 98–104.
3. Зверев В.А. Выделение сигналов из помех численными методами / В.А.Зверев, А.А.Стромков. – Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2001. – 188 с.
4. Айфичер Э. Цифровая обработка сигналов / Э.Айфичер, Б.Джервис. – М.: Вильямс, 2004. – 992 с.

пост. 20.04.2017

Л.О. ОЛІЙНИК, к.ф.-м.н. доцент

С.М. БАЖАН, студент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

Математична модель розрахунку балансу комп'ютерних ігор жанру Tower Defense

Метою роботи є побудувати математичну модель розрахунку балансу комп'ютерної гри жанру Tower Defense. При розробці програмного коду гри необхідно мати досить гнучкий алгоритм підбору стратегій для комп'ютера, щоб задовольнити інтерес гравця і викликати в нього бажання продовжити гру. Саме проблемі вибору стратегій для дій комп'ютера присвячена дана робота.

Математична модель, що побудована в дані роботі, дає змогу визначити параметрів керування, а разом з ним і стратегії, які регулюють рівень складності гри і дають змогу гравцеві отримати перемогу, при правильному виборі його власної стратегії.

Постановка проблеми

XXI століття — століття комп'ютерних технологій, які щодня розвиваються і використовуються як для праці, так і для відпочинку. Окрему нішу займають комп'ютерні ігри, тобто комп'ютерні програми або частини комп'ютерних програм, що служать для організації ігрового процесу (геймплея).

Головна мета розробників комп'ютерних ігор — створити програму, яка б мала кілька рівнів складності, ігровий процес, викликала високий рівень зацікавленості гравця і дозволяла б йому при виборі правильних стратегій поведінки досягати перемоги. Крім того, перемога гравця не повинна бути досить легкою. Отже, при розробці програмного коду комп'ютерної гри необхідно мати досить гнучкий алгоритм підбору стратегій, що гарантують певний процент позитивних результатів для гравця. Цей відсоток визначає рівень складності гри.

Саме проблемі математичного моделювання алгоритму вибору стратегій комп'ютерної програми у відповідності до рівня складності гри присвячена дана робота. Вибір стратегії залежить від так званих параметрів керування. Розв'язання задачі визначення параметрів керування базується на математичній теорії ігор.

Постановка задачі: створити математичну модель алгоритму вибору стратегій ігрової програми, які визначають рівень складності гри і гарантують певний відсоток виграшів гравцеві, за умови, коли він визначить вірну стратегію гри для себе.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Інформаційна база у сфері математичних моделей для комп'ютерних ігор жанру Tower Defense майже відсутня. Аналіз джерел, знайдених в мережі Інтер-

нет([1]—[5]), показав, що данні моделі представлені тільки у формі опису до розрахунків, які не мають чіткого алгоритму, та розрахункових формул, і вони спрямовані тільки на гру вузького типу.

Основні загальноприйняті поняття та термінологія

Tower Defense (з англ. — «*Вежовий захист*») — жанр стратегічних комп'ютерних ігор. Гра полягає в тому, що необхідно знищити супротивників, які нападають і не допустити, щоб вони дійшли до кінця ігрового поля [6]. Знищення противника проводиться за допомогою будівництва веж, що розставляються уздовж ігрового поля по якому рухаються противники.

Гра відбувається на **полі** або **карті**, як правило це прямокутник, але форма поля може бути і іншою. Полем або картою рухаються ігрові одиниці, що називаються **юнітами**. Юніти можуть мати різну інтерпретацію — це можуть бути військові, якісь монстри, бойова техніка. Серед юнітів виділяється максимально сильна одиниця, так званий **бос**. Задача гравця полягає в тому, щоб підібрати за певними характеристиками впливу на юнітів, так звані, **вежі**, і розташувати їх таким чином, щоб ні один з юнітів не пройшов свій шлях до кінця. В деяких іграх є так звані головні форти або замки, які необхідно захистити від юнітів.

Для кожної гри такого типу необхідно мати **баланс гри** — це одна з найскладніших сторін розробки ігор. З тієї інформації, що є сьогодні в середовищі розробників ігор даного типу, випливає, що баланс гри визначається експериментально під час бета-тестування певної версії гри, за рахунок підбору тих чи інших параметрів керування, тобто характеристик юнітів та веж. Але остаточно баланс гри відточується протягом деяко-