

О.М. Безвесільна, д.т.н, проф.
Національний технічний університет України "КПІ"
А.Г. Ткачук, к.т.н.
Житомирський державний технологічний університет

ЗАСТОСУВАННЯ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛІЗУ ДО ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ АНОМАЛІЙ ПРИСКОРЕННЯ СИЛИ ТЯЖІННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЮ АВІАЦІЙНОЮ ГРАВІМЕТРИЧНОЮ СИСТЕМОЮ

Гравітаційне поле Землі – фізичне поле, зумовлене тяжінням маси Землі і відцентровою силою, яка виникає внаслідок добового обертання Землі. Незначною мірою залежить також від тяжіння Місяця і Сонця й інших небесних тіл та маси земної атмосфери. Гравітаційне поле Землі характеризується силою тяжіння, потенціалом сили тяжіння і різними його похідними. На сьогоднішній день інформація про гравітаційне поле Землі необхідна в авіаційній і космічній техніці, для дослідження геодинамічних явищ, для реалізації цілей інженерної геології, археології, сейсмології і т.д.

Для визначення характеристик гравітаційного поля Землі найзручніше використовувати авіаційні гравіметричні системи (АГС). За допомогою саме АГС можна здобути гравіметричну інформацію у важкодоступних районах земної кулі набагато швидше та з меншими витратами, ніж за допомогою інших гравіметричних засобів чи систем.

Дослідження гравітаційного поля Землі за допомогою АГС призводять до появи великої кількості різноманітних даних, які потребують новітніх якісних способів опрацювання. На сьогоднішній день доведено важливість використання вейвлет-аналізу у задачах сейсмології, розпізнавання голосу та зображень, а нещодавно почали з'являться роботи, які стосуються гравіметричних та магнітних полів Землі.

Вейвлет-перетворення, на відміну від перетворення Фур'є, представляє одночасно сигнал у частотній та часовій області, що дає змогу подати двовимірний сигнал у 3D-просторі та по-іншому інтерпретувати його. Вейвлет-перетворення поділяються на дискретні, які в основному застосовуються для різноманітних кодувань, та неперервні, за допомогою яких досліджують різноманітні фізичні процеси. Саме другий тип перетворень може застосовуватись для вихідних даних АГС.

Нехай аномалії прискорення сили тяжіння задані у прямокутній системі координат, в якій по осі ординат відкладемо аномалії Δg , а по осі абсцис відстань x вздовж досліджуваного профілю (рис.1).

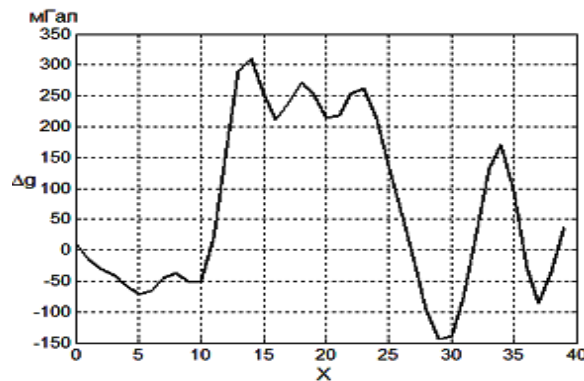


Рис. 1. Аномальне гравітаційне поле

У такому випадку вейвлет-перетворення функції $\Delta g(x)$ можна подати у вигляді :

$$W(x', \lambda) = \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \int_{-\infty}^{\infty} \Delta g \cdot \psi \left(\frac{x-x'}{\lambda} \right) dx, \quad (1)$$

де $\frac{1}{\sqrt{\lambda}}$ – нормуючий множник; $\psi \left(\frac{x-x'}{\lambda} \right)$ – вейвлет-функція, в якій x' відповідає за локалізацію функції по осі x , а параметр λ масштабує функцію.

Якщо змінювати параметри x' та λ , то в результаті отримаємо двовимірний масив значень $W(x', \lambda)$. З формули (1) видно, що функція $W(x', \lambda)$ є скалярним добутком функції $\Delta g(x)$ та вейвлет-

функції, тому в місцях, де $W(x', \lambda)$ має екстремум $\psi(x)$ та $\Delta g(x)$ максимально схожі між собою в частотній області.

Сама функція $\psi(x)$ називається материнським, або базовим, вейвлетом, і повинна створювати ортогональний базис та визначатись певними ознаками:

- локалізація – базова функція локалізована як по осі абсцис, так і у частотній області;
- нульове середнє – графік вихідної функції повинен осцилювати навколо нуля на осі абсцис і мати нульову площу;
- обмеженість – квадрат норми функції повинен бути скінченним числом;
- автономність – усі вейвлети конкретної сім'ї мають ту саму кількість осциляцій, що і материнський вейвлет.

Нехай аномальне гравітаційне поле Землі $\Delta g(x)$ має наступний вигляд (рис.2).

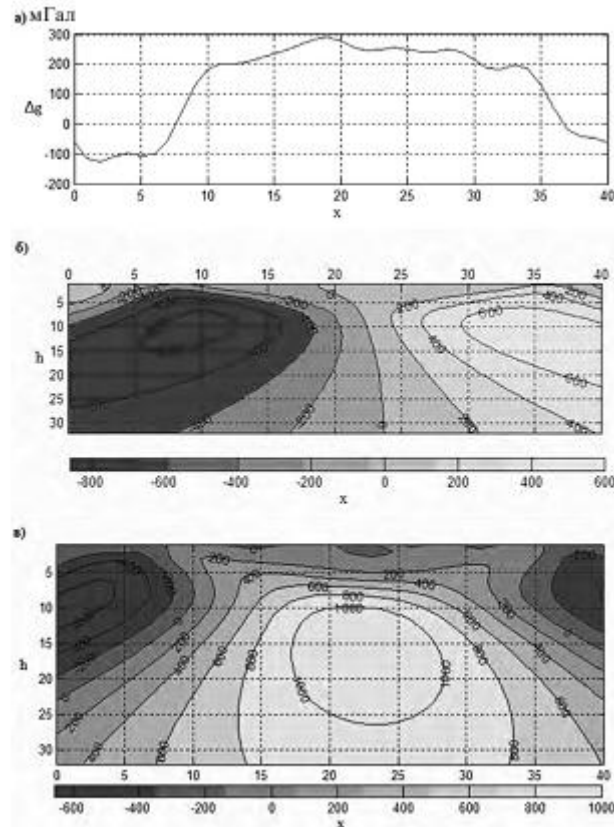


Рис. 2 а) аномальне гравітаційне поле; вейвлет-спектр функції $\Delta g(x)$ побудований за допомогою: б) WAVE-вейвлета; в) МНАТ-вейвлета

З рис. 2 видно, що використання різних базових вейвлетів дає можливість отримувати різні вейвлет-спектри. Ця особливість дає змогу використовувати такий вейвлет, який є характерним для конкретного фізичного процесу. З отриманих спектрів бачимо, що глибина залягання аномальних мас та значення амплітуд змінюється залежно від використаного вейвлета. З цього зрозуміло, що неможливо точно визначити глибину та густину залягання аномальних мас без застосування додаткової інформації.

У деяких наукових роботах пропонують використовувати як базисні вейвлети саме функції гравітаційного потенціалу простих геометричних тіл та їхні похідні. Такі функції мають зрозуміліший фізичний зміст та відображають деякі властивості джерела гравітаційних аномалій, що значно спростить аналіз отриманого результату.

Отже, за допомогою вейвлет-аналізу можна будувати різні моделі розподілу мас за аномальним гравітаційним полем, використовуючи як аналізатори різні базові вейвлет-функції.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ:

БЕЗВЕСІЛЬНА Олена Миколаївна – Заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор кафедри приладобудування Національного технічного університету України “Київський

політехнічний інститут”, завідувач кафедри автоматизованого управління технологічними процесами та комп’ютерних технологій Житомирського державного технологічного університету (10005, м. Житомир, вул. Черняхівського, 103).

Наукові інтереси: гравіметричні системи та гравіметри, інформаційно-комп’ютерні технології, гіроскопи, стабілізатори.

e-mail: bezvesilna@mail.ru ; тел. (095) 160-32-18

ТКАЧУК Андрій Геннадійович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри автоматизованого управління технологічними процесами та комп’ютерних технологій Житомирського державного технологічного університету (10005, м. Житомир, вул. Черняхівського, 103).

Наукові інтереси: методи вимірювання механічних величин, системи автоматичного керування, п’єзоелектричні чутливі елементи.

e-mail: andrew.tkachuk@i.ua; тел. (097)167-53-27