

Исследования применения алгоритма двумерной фильтрации в скользящих окнах «живой» формы. Применение в центральной области Вьетнама
Фан Т. Х. *(МГРИ, Ханойский горно-геологический университет Вьетнама, phanthihong@hutm.edu.vn), Петров А. В. (МГРИ, petrovstud@mail.ru), До М.Ф. (МГРИ, Главного управления геологии и полезных ископаемых Вьетнам, dominhphuong.dkt@gmail.com)

Аннотация

Двумерный фильтр в скользящих окнах «живой» формы - оптимальное решение в компьютерной технологии «КОСКАД-3D», алгоритм построен по результатам анализа двумерной корреляционной функции и спектра поля наблюдения. Форма и размер окна фильтра регулируются с изменением свойств спектральной корреляции поля в зоне фильтрации, поэтому результаты фильтрации оптимизируются в соответствии с аномальной формой и без потери полезной информации во время фильтрации. Алгоритм двумерной фильтрации в скользящих окнах разделил гравитационную аномалию в центральной области Вьетнама на 3 компонента: трендовая компонента гравитационного поля, локальная компонента 1-го порядка гравитационного поля, локальная компонента 2-го порядка гравитационного поля.

Ключевые слова

КОСКАД-3D, гравиразведка, двумерный фильтр, центральная область Вьетнама.

Теория

Наблюдаемые на поверхности геофизические аномалии были случайными значениями и не фиксированы, поэтому процесс фильтрации (отделения) всех шумов из наблюдаемого поля или процесс разделения поля на статические компоненты и локальная зональная фильтрация являются важным шагом на ранних этапах обработки данных. Современные компьютерные технологии [1, 8,10] в основном используют фильтры с фиксированными размерами окна, перемещающимися по всей области исследования, с выбором параметра размера окна по субъективному мнению аналитика, это приводит к результатам фильтрации, которые теряют или искажают полезную информацию, относящуюся к предметам исследования.

Для решения этих ограничений был построен алгоритм двумерной фильтрации для адаптации к изменениям статистических и спектральных корреляционных свойств поля, который интегрируется в компьютерной технологии «КОСКАД-3D» [4, 5, 6, 7]. В это время форма и размер окна фильтра непрерывно изменяются, чтобы адаптироваться к изменениям свойств спектральной корреляции поля, алгоритм позволяет максимальным образом учитывать нестационарность геофизических полей и исключить негативные эффекты, свойственные неадаптивным процедурам обработки.

Выбор размеров окна фильтра (ширина, высота, наклон) основан на анализе двумерной корреляционной функции ДАКР (m, p), которая рассчитывается между точками измерения вдоль профилей и между профилями и при центрированных значениях поля на каждом профиле определяется выражением:

$$R(\mathbf{p}, \mathbf{m}) = \frac{1}{N - |\mathbf{p}|} \frac{1}{n - |\mathbf{m}|} \sum_{k=1}^{N-|\mathbf{p}|} \sum_{i=1}^{n-|\mathbf{m}|} \Delta g_k(\mathbf{x}_i) \Delta g_{k+\mathbf{p}}(\mathbf{x}_{i+\mathbf{m}}) \quad (1)$$

где: $\Delta g_k(\mathbf{x}_i)$ – центрированное значение поля на k -м профиле и i -ой точке; индекс \mathbf{p} – смещение между профилями съемки: $\mathbf{p} = 0, \pm\Delta y, \pm 2\Delta y, \dots$; \mathbf{m} – смещение между точками по профилю: $\mathbf{m} = 0, \pm\Delta x, \pm 2\Delta x, \dots$; N – общее число профилей; n – общее число точек по профилю (трассе).

После вычисления 2-ой корреляционной функции мы определяем форму и размер окна фильтра согласно рис.1.

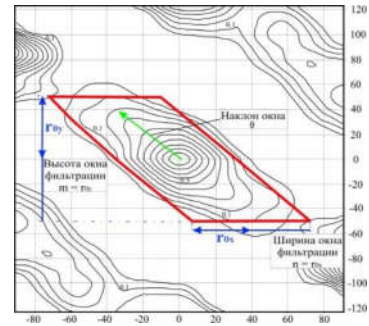


Рисунок 1. Выбор текущих параметров окна фильтрации по ДАКФ(\mathbf{m}, \mathbf{p})

Алгоритм двумерного фильтра в скользящих окнах «живой» формы выполняется в соответствии с процедурой, показанной на рисунке 2:



Рисунок 2. Схема алгоритма двумерного фильтра в скользящих окнах «живой» формы

Согласно схеме алгоритма на рис.2, чтобы четко увидеть выдающиеся преимущества двумерного фильтра в скользящих окнах «живой» формы в сравнении с традиционными фильтрами, использующими фиксированный размер окна по всей области исследования. Мы исследовали размер и форму окна фильтра в разных местах в данных гравитационных аномалий в центральной области Вьетнама [2, 7], и результаты показаны на рисунке 3.

Наблюдая на рис.3, мы видим что: аномалия в соответствующем окна 3А(5) положении изменяется в основном в направлении юго-восточном, при анализе двумерной корреляционной функции ДАКФ(\mathbf{m}, \mathbf{p}) по формуле (1) получаем форму окна фильтра по направлению юго-восточному, совпадающему с направлением аномалии, размер окна фильтра определяется на рис.3Б(5). При положении окна на рис.3А(4) аномальное поле изменяется по направлению юго-западному, в результате анализа корреляционной функции получают форму окна фильтра, совпадающую с направлением аномалии (юго-запад) и размер окна фильтра, показанный на рис.3Б(4). Аналогичным образом в позициях окон на рис.3А(1), 3А(2), 3А(3), 3А(6) мы получаем формы окна

фильтра, соответствующие формам аномалий поля, а размер окна фильтра определяется на рис.3Б(1), 3Б(2), 3Б(3), 3Б(6).

Из анализа вышеупомянутой модели мы видим, что форма и размер окна фильтра всегда изменяются в соответствии со спектральными корреляционными характеристиками наблюдаемой аномалии поля. В процессе фильтрации алгоритм максимально учитывает нестабильность геофизических полей и устраняет негативные эффекты в процессе фильтрации без адаптации. В это время информация фильтра будет оптимизирована в аномальной форме и без потери полезной информации во время фильтрации, это приметные преимущества двустороннего фильтра в скользящих окнах «живой» формы в сравнении с традиционными фильтрами, которые используют фиксированные окна. Ширина и высота окна фильтра минимальны, если в окрестности определенной точки нет аномалий и наоборот, высота и ширина окна фильтра максимальны и не превышают размеров базового окна.

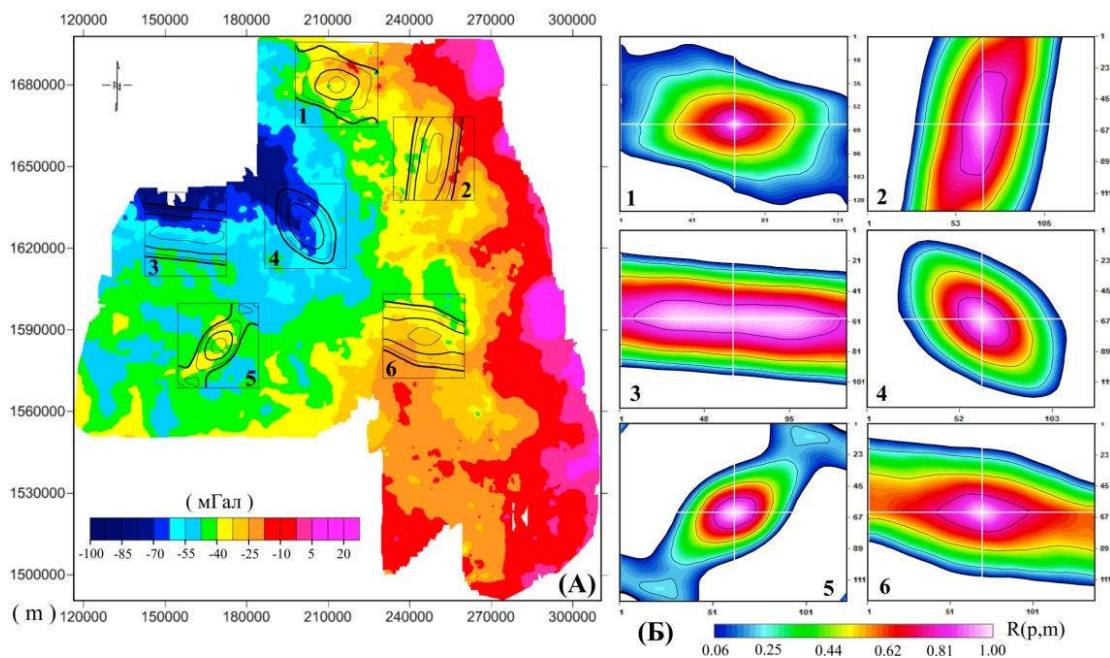


Рисунок 3. (А) - Расположение и площадь базового окна в данных гравитационных аномалий в центральной области Вьетнама; (Б) - Форма и размер окна двумерного фильтра в соответствии с корреляционной функцией ДАКФ (m, p) соответственно положениям окна на рис А.

Применяем алгоритм двумерного фильтра в скользящих окнах «живой» формы в данных гравитационного аномального поля Буге в масштабе 1: 100000 в центральной области Вьетнама [2, 3, 7] и показано на рисунке 4.

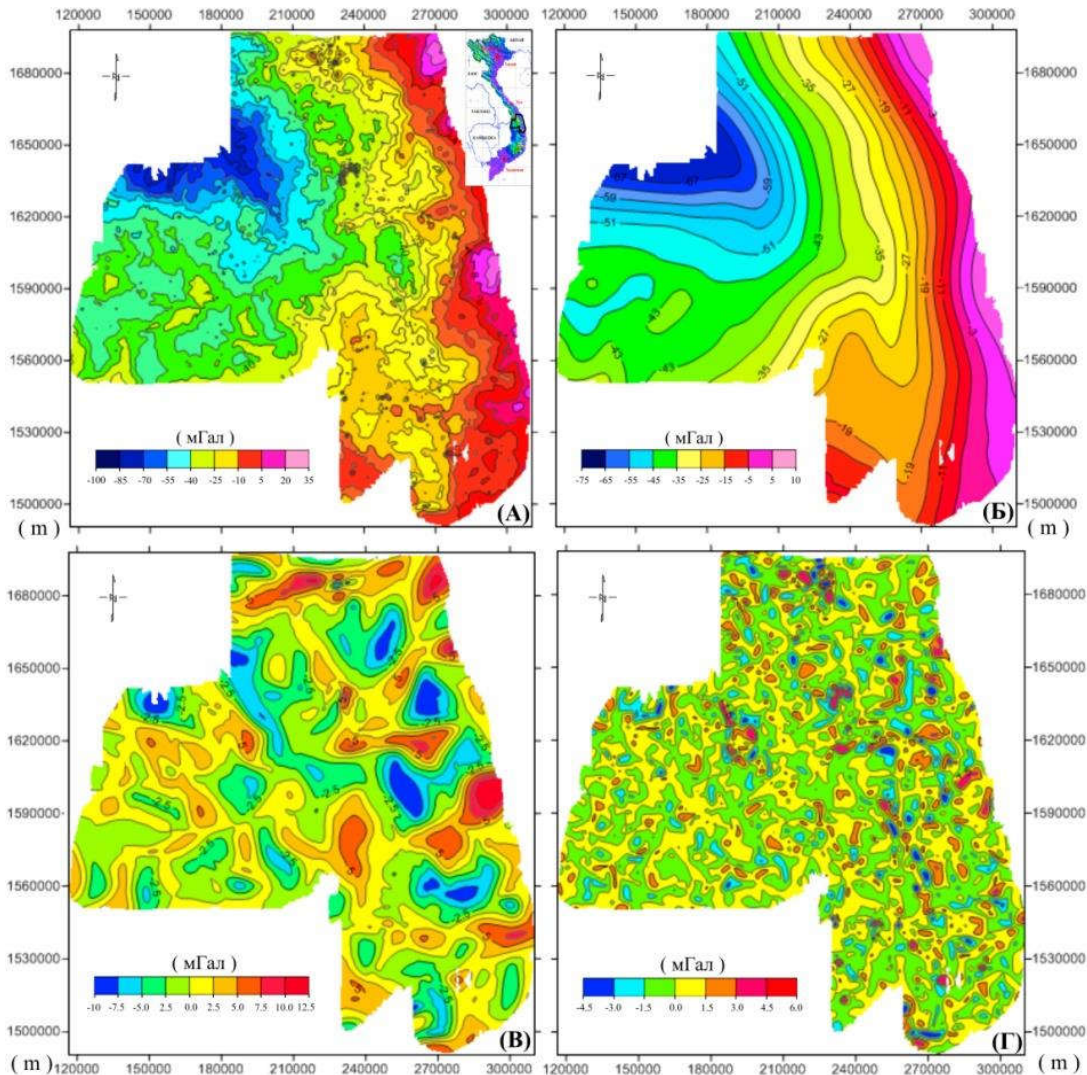


Рисунок 4. Результаты выделения гравитационной аномалии Буге в центральной области Вьетнама с помощью двумерного фильтра в скользящих окнах «живой» формы: (А)- наблюдаемое поле гравитационной аномалии Буге; (Б)- трендовая компонента гравитационного поля; (В)- локальная компонента 1-го порядка гравитационного поля и (Г)- локальная компонента 2-го порядка гравитационного поля.

Наблюдаем за рис.4В, видим, что аномалия области изменяется от -75 мГал до $+10$ мГал с растущей тенденцией в направлении юго-западном, обратно коррелирует с региональной топографией: высокие холмы на северо-западе и низкие на юго-востоке [7], что отражает низкую топографию Мохо на северо-западе и высокую на юго-востоке.

На рис.4В и 4Г видно, что существует множество локальных неоднородных блоки, распределенных с относительно большой плотностью в этой области. В частности, на рис.4С амплитуда колеблется от -10 мГал до $+12,5$ мГал, неоднородность с положительной плотностью в основном сосредоточена на севере, в центре и на юго-западе региона с амплитудой от $+8$ мГал до $+12,5$ мГал. На рис.4Г показано, что локальные неоднородные блоки имеют небольшой размер около поверхности с

амплитудой от -4,5 мГал до +6,0 мГал, локальные неоднородные блоки имеют положительную плотность на севере, в центре и на западе области исследования.

Выводы

Двусторонний фильтр в скользящих окнах «живой» формы - эффективное решение в компьютерной технологии «КОСКАД-3D». Форма и размер окна фильтра меняются в соответствии со спектрально-корреляционными характеристиками месторождения, фильтрация выполняется точно в нестабильных условиях аналитического поля, оптимизирует полезную информацию о месторождении, повышает эффективность геологической интерпретации. Результаты применения фильтрации в центральной области Вьетнама разделены на 3 компонента: трендовая компонента гравитационного поля, локальная компонента 1-го и 2-го порядков гравитационных полей.

Библиография

- 1. Geosoft, Ver. 7.01: Manuals, Tutorials, and Technical Notes. Geosoft inc., 2008.;**
2. Нгуен Ч. Л. и др. Измерение полета по гамма-спектру в масштабе 1: 50.000, и измерение гравитационного поля в масштабе 1:100.000 в центральном Вьетнаме. Федерация физики и геологи, Главное управление геологии и минералов Вьетнама. 2000. 250 с. во Вьетнаме.
3. Никитин А. А., Петров А. В.. Теоретические основы обработки геофизической информации. Учебное пособие. 2017. Москва 127с.
4. Петров А. В., Юдин Д. Б., Соели Хоу. Обработка и интерпретация геофизических данных методами вероятностно-статистического подхода с использованием компьютерной технологии «КОСКАД 3D». Науки о Земле, N0 2, С. 2010. 126-132.
5. Петров А. В. Адаптивные процедуры интерпретационной обработки нестационарных геополей в компьютерной технологии «КОСКАД-3D». Международная научно-практическая конференция. 2018. 418-420, МГРИ-РГРУ, Москва, Россия.
6. Фан Т. Х., Петров А. В., До М. Ф. Обработка и интерпретация аномалий гравитационных данных в центральной области Вьетнама с использованием компьютерной технологии «КОСКАД-3D». Молодые – наукам о земле, 2020. 293-297, МГРИ-РГРУ, Москва, Россия.
7. <http://www.geosoft.com>
8. <http://www.coscad3d.ru>
9. http://www.agu.org/eos_elec/95154e.html