

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ АППРОКСИМАЦИОННЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ГЕОЭЛЕКТРИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Шимелевич М.И., Оборнев Е.А., Оборнев И.Е., Родионов Е.А.

Российский государственный геологоразведочный университет
им. Серго Орджоникидзе МГРИ-РГГРУ, г. Москва, Россия

Аннотация: В результате конечномерной аппроксимации обратная задача геоэлектрики сводится к системе нелинейных уравнений 1 рода на ограниченном замкнутом подмножестве R^N , определяемом сеткой обратной задачи. В работе предложен итерационно - аппроксимационный нейросетевой метод решения обратной задачи, который является модифицированной версией нейросетевого метода. Предложенный метод позволяет существенно уменьшить ошибку приближенного нейросетевого решения обратной задачи. Приводятся примеры численного решения 2D и 3D обратных задач геоэлектрики для модельных данных.

Ключевые слова: обратный оператор, аппроксимация, нейросетевой метод.

Обратная задача электромагнитных (ЭМ) зондирований в заданном классе параметризованных геоэлектрических сред на практике сводится к решению системы нелинейных уравнений 1 рода относительно вектора $s = (s_1, \dots, s_N)$ параметров среды вида [3]:

$$A_N s = e, \quad s \in S \subset R^N, \quad e \in R^M, \quad M \geq N \quad (1)$$

где A_N - нелинейный оператор прямой задачи, $e = (e_1, \dots, e_M)$ - вектор исходных данных, определенных с некоторой погрешностью δ , S - множество допустимых решений, построенное на основе параметризации среды, т.е. аппроксимации множества априорных ограничений задачи (например, с помощью ε - сети). В работе рассматриваются эффективно параметризованные среды, для которых расчетные значения модуля непрерывности обратного оператора $\beta_N(\delta)$ не превышают заданной величины $\varepsilon_0(\delta)$ и таким, образом, решение обратной задачи (1) является практически устойчивым [1,2].

В работе рассматривается аппроксимационный нейросетевой подход, к решению обратной задачи (1), основанный на представлении решения задачи (1) в виде заданной функции M переменных (нейронной сети) от входных данных $e = (e_1, \dots, e_M)$ [3]:

$$s = \Psi^{app}(e), \quad (2)$$

или в развернутом виде:

$$s_n \approx \Psi_n^{app}(e_1, \dots, e_M) = \sum_{l=1}^L v_{nl} g\left(\sum_{m=0}^M w_{lm} e_m\right), \quad n = 1, \dots, N, \quad (2.1)$$

где g - заданная монотонная функция, например, $g(x) = 1/(1 + e^{-x})$, L - параметр, который характеризует сложность нейросети, $V = \{v_{nl}\}$, $W = \{w_{lm}\}$ - матрицы свободных коэффициентов нейросети. Если матрицы коэффициентов сети известны, то решение уравнение может быть получено в аналитическом виде по формуле (2.1) для любых данных в рассматриваемом классе сред. Задача определения свободных коэффициентов нейросети сводится к минимизации функционала:

$$\Delta(V, W) = \frac{1}{P} \sum_{p=1}^P \left| s_n^p - \sum_{l=1}^L v_{nl} g\left(\sum_{m=0}^M w_{lm} e_m^p\right) \right|^2 \xrightarrow{V, W} \min \quad (3)$$

на множестве \mathfrak{R}_1 эталонных примеров решений прямых задач $\{s^p, e^p\}$, $s_k^p \in S$, $e^p = A_N s^p$; $p = 1, \dots, P$. Минимизация ошибки $\Delta(V, W)$ проводится на основе градиентного метода - алгоритма обратного распространения ошибки, модифицированного

под особенности конструкции (3). Точность нейросетевой инверсии проверяется по экзаменационной выборке, определяются средние $\bar{\Delta}_{эм}$ и максимальные $\hat{\Delta}_{y\delta}$ эталонные ошибки инверсии.

Авторами разработан *аппроксимационно-итерационный* НС метод решения системы (1), который позволяет уменьшить интерполяционную ошибку получаемого приближенного решения. Идея метода заключается в построении последовательности НС аппроксиматоров на сужающихся подмножествах допустимых решений.

Исследуется сходимость применяемых численных алгоритмов. В работе представлены примеры численных решений 2D и 3D обратных задач геоэлектрики и расчета их погрешностей для модельных данных.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке ГК № 14.740.11.0196 и гранта РФФИ 11-07-00662 .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Шимелевич М.И., Оборнев Е.А., Оборнев И.Е., Родионов Е.А. Численные методы оценки степени практической устойчивости обратных задач геоэлектрики // Физика Земли, 2013, №3, С. 58-64.
2. Оборнев И.Е., Родионов Е.А. Численные методы решения многомерных обратных задач геоэлектрики с применением нейросетевых технологий // Тезисы IV Международной молодежной научной школы-конференции "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач". Новосибирск, Академгородок, 5-15 августа 2012, с.91
3. Шимелевич М.И., Оборнев Е.А. Аппроксимационный метод решения обратной задачи МТЗ с использованием нейронных сетей. Физика Земли. 2009. № 12. С. 22-38