

Повышение эффективности нейросетевой интерпретации данных геоэлектрики на основе петрофизических исследований

М.И. Шимелевич¹, Е.А. Оборнев², И.Е. Оборнев³, Е.А. Родионов⁴

¹ МГРИ, shimelevich-m@yandex.ru

² МГРИ, obornevea@mgri.ru

³ НИИЯФ МГУ, o_ivano@mail.ru

⁴ МГРИ, evgeny_980@list.ru

АННОТАЦИЯ

При решении обратных нелинейных задач геофизики в последние годы эффективно применяются нейросетевые (НС) методы [Оборнев и др., 2020], которые основаны на аппроксимации приближенного обратного оператора задачи с помощью многослойной нейронной сети – НС аппроксиматора. Оптимизационные задачи построения (обучения) НС аппроксиматора и оценки погрешности получаемых приближенных решений обратной задачи решаются с использованием методов группы Монте-Карло [Шимелевич и др., 2018]. Для этого рассчитываются множества решений прямых задач (порядка нескольких тысяч) для различных векторов параметров среды, которые изменяются случайным образом в максимально широком диапазоне их изменения (с учетом реальных свойств пород), и на их основе определяются оценки решений указанных оптимизационных задач. Проводится анализ структуры обучающей выборки для построения аппроксиматора.

Существенное влияние на итоговый НС аппроксиматор оказывает учёт дополнительной информации о среде, полученный в лабораторных условиях и основанный на связи между плотностью и удельным электрическим сопротивлением метаморфических и магматических пород, характерной для изучаемого региона [Муравина, Пономаренко, 2020]. На основе этих данных корректируется (сужается) расчётное множество априорных ограничений решаемой обратной задачи, что приводит к уменьшению практической неоднозначности получаемых решений [Shimelevich et al., 2021]. На основе этих данных с помощью прямого оператора задачи, строится «банк решений» – множество известных опорных моделей прямых и обратных задач в заданном классе сред. Такой банк решений используется при построении (обучении) специализированного (территориального) НС аппроксиматора (нейросетевой палетки), применяемого к полевым данным, получаемым методом магнитотеллурического зондирования.

Анализируется случайная величина расстояний между точками по всему банку решений, которая характеризует степень равномерности и плотности заполнения (представительности) обучающего множества. Исследуются вопросы сходимости и устойчивости получаемых оценок при увеличении объема выборки. Приводятся численные примеры, иллюстрирующие работу алгоритмов на модельных и полевых данных для задач геоэлектрики.

Ключевые слова: априорная информация, обратная задача, аппроксимация, нейронные сети.

Благодарности

Работа выполнена с использованием вычислительных ресурсов Межведомственного суперкомпьютерного центра Российской академии наук (МСЦ РАН) и с использованием оборудования Центра коллективного пользования сверхвысокопроизводительными вычислительными ресурсами МГУ имени М.В. Ломоносова. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда проект № 19-11-00333.

ЛИТЕРАТУРА

- Shimelevich, M. I., Obornev, E. A., Obornev, I. E., and Rodionov, E. A. The approximation neural-network method for solving nonlinear multi-criteria inverse problems of geophysics. J. Phys.: Conf. Ser. 2021. 1715. 012045
- Муравина О.М., Пономаренко И.А. Идентификационный анализ плотности и удельного электрического сопротивления кристаллических пород воронежского кристаллического массива // Физико-

химические и петрофизические исследования в науках о Земле. Двадцать первая международная конференция. Москва, 21 - 23, Борок, 25 сентября 2020 г. Материалы конференции. М.: ИГЕМ РАН, 2020. – С.177-179.

Оборнев Е.А., Оборнев И.Е., Родионов Е.А., Шимелевич М.И. Применение нейронных сетей в нелинейных обратных задачах геофизики. Журнал вычислительной математики и математической физики. — 2020. — Т. 60, № 6. — С. 1053–1065; Comput. Math. and Math. Phys., 2020. 60. P. 1025–1036.

Шимелевич М.И., Оборнев Е.А., Оборнев И.Е., Родионов Е.А. Алгоритм решения обратной задачи геоэлектрики на основе нейросетевой аппроксимации // Сиб. журн. вычисл. матем., 2018. 21:4. С. 451–468; Num. Anal. Appl., 2018. 11:4. P. 359–371.