

# НЕЙРОСЕТЕВЫЕ АЛГОРИТМЫ СОВМЕСТНОЙ ОБРАБОТКИ СОВОКУПНОСТИ РАЗНОРОДНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЗЕМЛИ

Назаров Л.Е., Чухланцев А.А., Шутко А.М., Назарова З.Т.

Институт радиотехники и электроники РАН, Фрязино Московской обл. (nazarov@ire.rssi.ru)

В докладе рассматривается проблема объединения совокупности разнородных космических изображений Земли с целью их совместной обработки. Возможна комбинация различных космических изображений, включая объединение многозональных изображений в оптическом и инфракрасном диапазонах с различным пространственным разрешением, объединение многозональных и радиолокационных изображений (пассивная и активная радиолокация) и другие комбинации. Этот подход дает возможность эффективно решать ряд актуальных задач тематической интерпретации данных дистанционного зондирования, примерами которых являются следующие задачи: а) классификация типов земных покровов; б) повышение пространственного разрешения изображений с низким разрешением путем совместной обработки изображений с высоким пространственным разрешением; в) получение комплекса биофизических характеристик земной почвы и растительных покровов (получение оценок поверхностной и профильной температур почвы, оценок влажности почвы, плотности растительного покрова).

Для решения данных задач перспективно применение нейросетевых алгоритмов, которые составляют альтернативу известным методам. Основу разработанных алгоритмов составляют многослойные нейронные сети (многослойные перцептроны), нейронные сети на основе радиально-симметричных функций.

Перспективность применения нейросетевых методов объясняется следующими свойствами сетей [1,2]: а) работа нейронных сетей функционально подобна модельному действию головного мозга как параллельного информационного процессора со свойствами обучения и адаптации, обеспечивающего высокую производительность обработки изображений; б) симметричная топология нейронных сетей обуславливает общий подход к решению проблемы синтеза структуры сети для решения различных задач (как формализуемых, так нечетко формализуемых) при обработке изображений; в) нейронные сети имеют свойство организовывать и подстраивать свою структуру под решаемые задачи.

Задача классификации типов земных покровов на основе обработки космических изображений Земли относится к классу нечетко формализуемых задач [3]. Совместная обработка нескольких космических изображений дает возможность повысить надежность классификации. Известные методы решения данной задачи, основанные на использовании методов проверки статистических гипотез, требуют априорного знания о многомерных законах распределения интенсивностей изображений. Вероятностные характеристики разработанных нейросетевых методов классификации близки к вероятностным характеристикам оптимальной байесовской классификации, при этом для реализации нейросетевых методов не требуется априорного знания о многомерных законах распределения. Эта проблема решается путем обучения нейронных сетей. Наиболее известным является итеративный алгоритм обучения "backpropagation", основанный на градиентном поиске экстремума многопараметрического функционала (целевой функции) [1,2]. На рис.1. приведены вероятности отнесения входных реализаций с гауссовским распределением отсчетов  $N(1, a)$  к классу реализаций, отсчеты которых имеют распределение  $N(1, 0)$ . Видно, что вероятностная кривая, соответствующая применению нейросетевой методике, близка к вероятностной кривой, соответствующей байесовскому правилу максимального правдоподобия [3].

Задача повышения пространственного разрешения изображений с низким разрешением (до 200м и более) за счет совместной обработки изображений с высоким пространственным разрешением (до 10-30 м) может быть сформулирована как задача аппроксимации. Для ее решения разработан алгоритм на основе многослойных нейронных сетей. Эффективность решения рассматриваемой задачи нейросетевыми средствами объясняется тем, что топологическая структура многослойных сетей соответствует оптимальной аппроксимирующей схеме в многомерном пространстве, задаваемой известной теоремой аппроксимации [4].

В докладе приведены результаты моделирования нейросетевых алгоритмов оценки влажности и температуры почвы, биомассы растительного покрова с использованием СВЧ- радиометрических данных. Основу первого алгоритма составляет двухслойная нейронная сеть. Основу второго алгоритма составляет нейронная сеть с использованием радиальных функций. Процедура обучения данной сети эквивалентна задаче аппроксимации в многомерном пространстве, решаемая методами теории некорректных задач [5]. Результаты моделирования показали, что нейросетевые алгоритмы практически эквивалентны относительно погрешностей оценок влажности почвы. Апробация нейросетевых алгоритмов биофизических характеристик почвы и растительного покрова проведена с одновременным использованием входных радиоярких температур для частотных диапазонов 1.42 ГГц (21 см) и 6 ГГц (5 см). Показано, что погрешность оценок в этом случае не превышает 2% по отношению к точным значениям влажности в области рабочих параметров радиационной модели при условии незашумленных входных данных. На рис.2 приведены оценочные значения влажности  $\tilde{W}$ , полученные при использовании нейросетевого алгоритма обработки двух радиоярких температур  $T_{\lambda}$  для длин волн  $\lambda_1 = 5$  см и  $\lambda_2 = 21$  см как функции точных значений  $W$  (кривая 1 соответствует точным значениям  $W$ , кривая 2 соответствует оценочным

значениям  $\tilde{W}$ ). Моделирование работы нейросетевых алгоритмов осуществлено с использованием физической радиационной модели, определяющей связь радиояркой температуры с влажностью, температурой почвы, углом наблюдения, видом поляризации и длиной волны в предположении открытой, однородной, изотермической и локально гладкой земной поверхности.

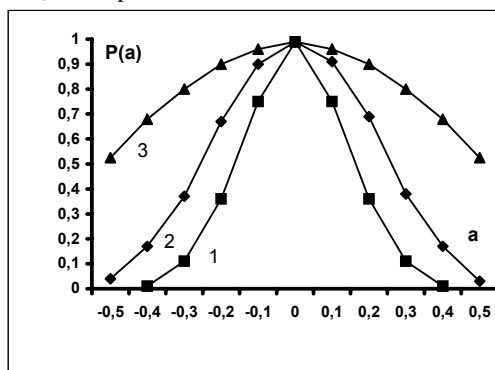


Рис.1. Вероятности  $P(a)$  отнесения входных реализаций с гауссовским распределением отсчетов  $N(1, a)$  к классу реализаций, отсчеты которых имеют распределение  $N(1, 0)$  (обучающие реализации относятся к этому классу): 1 - байесовское правило максимального правдоподобия, 2 - нейросетевая методика классификации; 3 – методика классификации, основанная на применении метода текстурного анализа.

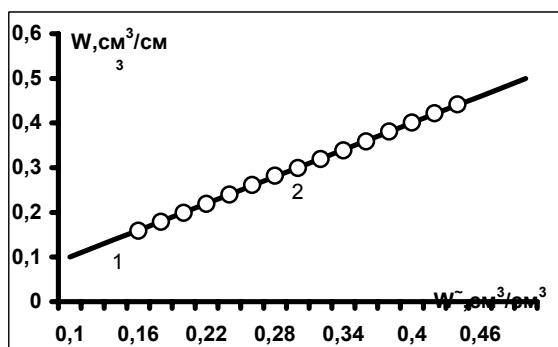


Рис.2. Оценочные значения влажности  $\tilde{W}$ , получаемые при использовании нейросетевого алгоритма обработки двух радиоярких температур  $T_{Я}$  для длин волн  $\lambda_1 = 5$  см и  $\lambda_2 = 21$  см как функция точных значений  $W$  (температура почвы  $T_{П} = 20^{\circ}C$ ): 1 – точные значения  $W$ ; 2- оценочные значения  $\tilde{W}$ .

Приведены примеры обработки многозональных космических изображений в оптическом, инфракрасном диапазонах и радиолокационных изображений в СВЧ-диапазоне с использованием разработанных нейросетевых алгоритмов для решения рассматриваемых задач.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 02-07-90181) и в рамках проекта МНТЦ #2059.

#### Литература.

1. Галушкин А.И. Теория нейронных сетей. Издательское предприятие ред. журнала "Радиотехника". Москва. 2000.
2. Haykin S. Neural networks. A comprehensive foundation. Second edition. Prentice Hall 07458, New Jersey. 1998.
3. Назаров Л.Е. "Применение многослойных нейронных сетей для классификации земных объектов на основе анализа многозональных сканерных изображений" // Исследование Земли из космоса. 2000. №6. Стр.41.
4. Колмогоров А.Н. О представлении непрерывных функций нескольких переменных в виде суперпозиций непрерывных функций одного переменного. // ДАН. 1957. Т.114. №5. Стр.953-956.
5. Тихонов А.Н., Арсенин В.О. Методы решения некорректных задач. Издание 2-е. М.: Наука. 1979.