

УДК 621.396.96

К.Н. НЕЖАЛЬСКАЯ¹, А.И. КУРТОВ²

¹ *Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

² *Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Украина*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ТОЧНОСТЕЙ ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ПАССИВНЫХ СИСТЕМАХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭМПИРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИРОДНЫХ СРЕД

В работе выполнено исследование применения эмпирической модели поверхности с растительностью для решения задач многопараметрических оценок состояния земных покровов. Рассчитаны и проанализированы потенциальные точности оценок параметров поверхности с растительностью, определены условия, обеспечивающие наилучшие точности.

эмпирическая модель, яркостная температура, коэффициенты Френеля, потенциальная точность

Введение

В настоящее время для описания различных типов земных покровов разрабатывается много эмпирических и полуэмпирических моделей, связывающих характеристики рассеяния и излучения с параметрами и статистическими характеристиками этих покровов [1, 2]. В связи с этим актуальной является задача исследования применимости таких моделей для описания поверхностей при решении различных задач дистанционного зондирования. В частности, возникает задача определения потенциальных точностей, которые могут быть достигнуты при многопараметрических оценках состояния поверхностей для эмпирических моделей. Ниже предлагается исследование предельных погрешностей оценок параметров поверхностей в пассивных системах дистанционного зондирования на основе использования модели $\tau - \omega$.

Яркостная температура поверхности для модели $\tau - \omega$

Модель $\tau - \omega$ (tau-omega) [1] разработана в предположении, что растительность представляет собой равномерно поглощающий и рассеивающий слой над поверхностью почвы. В соответствии с

этой моделью яркостная температура на p -й поляризации состоит из непосредственного излучения растительности, излучения почвы, а также излучения растительности, отраженного почвой, и описывается выражением

$$T_{\beta p} = (1 - R_p) \cdot T_s \cdot \exp\left(-\frac{\tau}{\cos \theta}\right) + (1 - \omega) \cdot T_v \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{\tau}{\cos \theta}\right)\right) + R_p \cdot (1 - \omega) \cdot T_v \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{\tau}{\cos \theta}\right)\right) \cdot \exp\left(-\frac{\tau}{\cos \theta}\right), \quad (1)$$

где R_p – коэффициенты Френеля на p -й поляризации;

T_s – температура почвы, в предположении равная температуре растительности T_v , за счет того, что почва и растительность находятся в температурном равновесии;

ω – коэффициент однократного рассеяния, в С-диапазоне частот (от 4 ГГц до 8,8 ГГц) равен от 0,05 до 0,13 [1];

τ – оптическая глубина растительности.

В соответствии с (1) построены зависимости яркостной температуры поверхности с растительностью от угла визирования для нескольких значе-

ний диэлектрической проницаемости. На рис. 1, 2 показаны зависимости яркостной температуры от угла визирования на горизонтальной поляризации $Th(\theta, \varepsilon)$ и на вертикальной поляризации $Tv(\theta, \varepsilon)$, $T_s = T_v = 293^\circ \text{ K}$, $\omega = 0,09$, $\tau = 2 \text{ м}$.

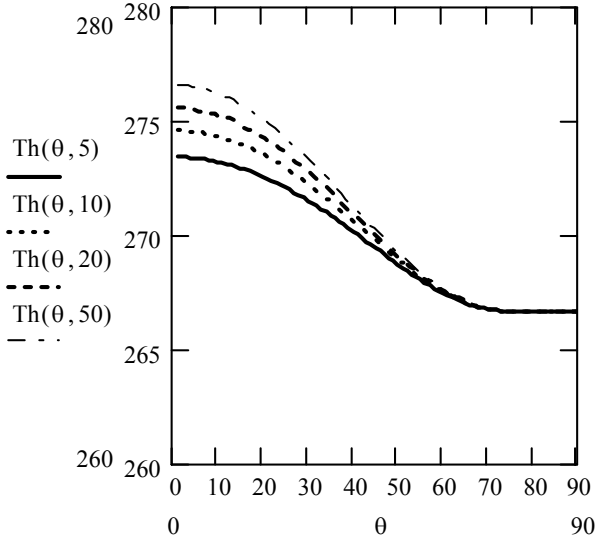


Рис. 1. Зависимость яркостной температуры от угла визирования на горизонтальной поляризации

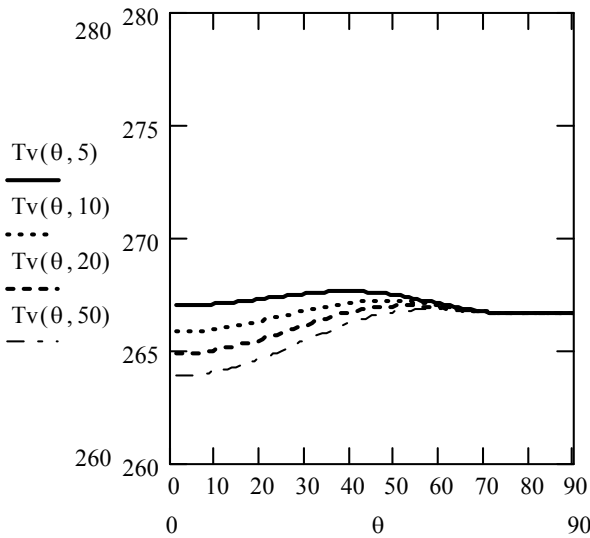


Рис. 2. Зависимость яркостной температуры от угла визирования на вертикальной поляризации

**Потенциальные точности
многопараметрических оценок**

Далее для эмпирической модели $\tau - \omega$ рассчитаны и проанализированы предельные погрешности

многопараметрических оценок состояния поверхностей с растительностью.

На рис. 3 – 6 показаны зависимости предельных погрешностей совместного оценивания диэлектрической проницаемости, температуры почвы, оптической глубины растительности и коэффициента однократного рассеяния от угла визирования $\sigma\varepsilon(\theta, \varepsilon)$, $\sigma T_s(\theta, \varepsilon)$, $\sigma\tau(\theta, \varepsilon)$, $\sigma\omega(\theta, \varepsilon)$.

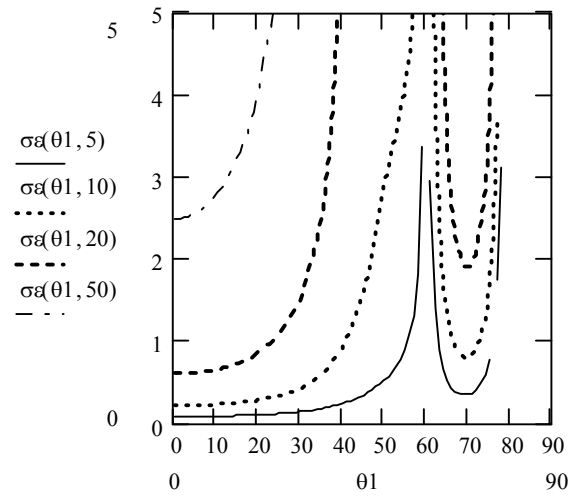


Рис. 3. Погрешности оценок диэлектрической проницаемости

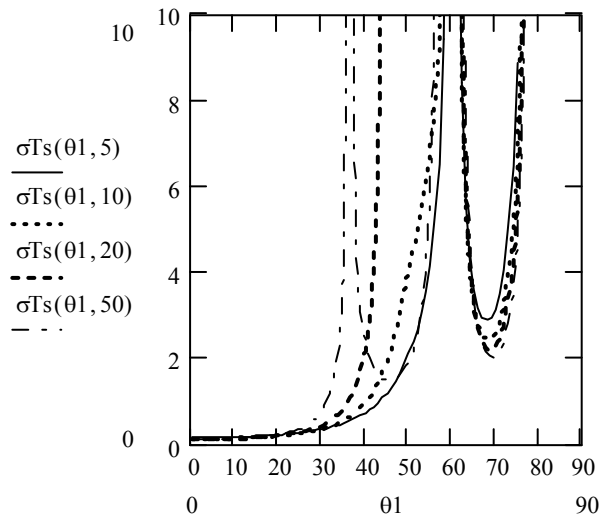


Рис. 4. Погрешности оценок температуры почвы

Расчет потенциальных точностей выполнен в соответствии с методикой, представленной в [2, 3]. Для обеспечения необходимого числа уравнений в

(20) [3] полагаем, что зондирование проводится с двух углов визирования, $\theta_1 = 0^\circ \dots 90^\circ$, $\theta_2 = 60^\circ$, соотношение сигнал/шум $\mu_0 = 10$, отношение $2/T\Delta F = 10^{-6}$.

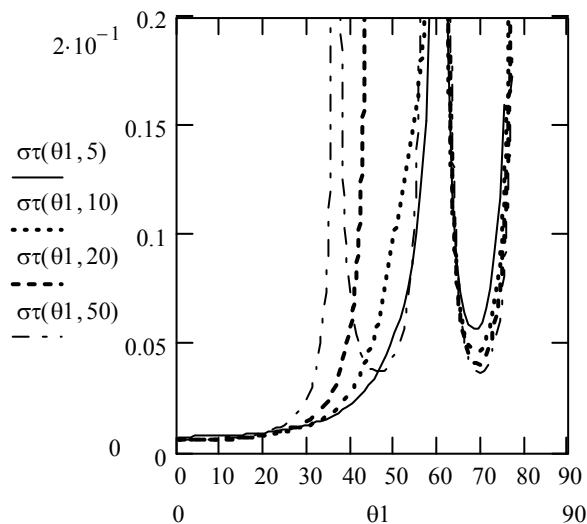


Рис. 5. Погрешности оценок оптической глубины растительности

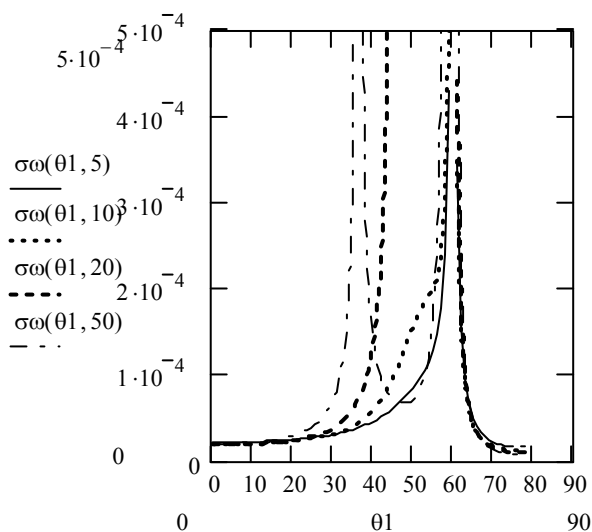


Рис. 6. Погрешности оценок коэффициента рассеяния

Заключение

Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы. Яркостная температура поверхности, описываемой моделью $\tau - \omega$, незначи-

тельно изменяется с увеличением угла визирования и при углах больше 70° не зависит от θ (рис. 1, 2).

Предельные погрешности совместного оценивания диэлектрической проницаемости, температуры почвы, коэффициента однократного рассеяния и оптической глубины растительности минимальны при $\theta = 0^\circ$ и имеют приемлемые значения при малых углах визирования (рис. 3 – 6). То есть при решении многопараметрических задач оценок в пассивных системах дистанционного зондирования для описания поверхностей с растительностью может быть использована эмпирическая модель $\tau - \omega$.

Литература

1. Paloscia S., Macelloni G., Santi E. Soil moisture estimates from AMSR-E brightness temperature by using a dual-frequency algorithm // IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing. – 2006. – № 11, V. 44. – P.3135-3144.
2. Волосюк В.К., Кравченко В.Ф., Тилинский В.Р. Оптимизация средствами пассивного дистанционного зондирования условий приема при оценивании параметров земных покровов, описываемых регрессионными моделями // Электромагнитные волны и электронные системы. – 1997. – № 5, т. 2. – С. 50-56.
3. Веласко Эррера В.М., Веласко Эррера Г., Кравченко В.Ф., Волосюк В.К., Лёвкина К.Н. Радиотепловое излучение мелкомасштабной поверхности. Исследование потенциальных точностей измерений ее электрофизических параметров // Успехи современной радиоэлектроники. Зарубежная радиоэлектроника. – 2006. – №7. – С. 60-69.

Поступила в редакцию 12.11.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.К. Волосюк, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.