

УДК 519.246

Василь Дунець, к.т.н.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СПЕКЛ-ШУМУ ДЛЯ ЗАДАЧ СЕГМЕНТАЦІЇ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Для задач аналізу радіолокаційних зображень запропоновано структуру математичної моделі спекл-шуму та надано фізичний зміст її параметрам.

Ключові слова: спекл-шум, радіолокаційне зображення, математична модель.

Vasyl Dunets

DEFINITIONS OF STATISTICAL RHYTHM CARDIOVASCULAR SYSTEM FOR ELECTROCARDIOSIGNAL

For the problem of analysis radar images structure for the speckle-noise mathematical model are proposed. Parameters of model the physical meaning are obtained.

Keywords: speckle-noise, radar images, mathematical model.

Для побудови автоматизованих експертних систем ідентифікації ділянок Земної поверхні, відведених, зокрема, під ті чи інші сільськогосподарські посіви необхідні адекватні математичні моделі, які у своїй структурі повинні враховувати особливості відповідних ділянок на радіолокаційних зображеннях. Радіолокаційні зображення містять шум, відомий як спекл-шум (speckle-noise – англ.). Спекл-шум є своєрідним «відбитком» поверхні, на зображенні якої він присутній [1]. В роботі пропонується ця властивість використати для отримання додаткових параметрів розрізнення областей на зображенні Земної поверхні. Задачею побудови моделі спекл-шуму займалися, зокрема Білінський Й.Й. і авт. (Україна), Chen J.F., Wagner R.F. (США), Yang Yibing, He Zhenya (Китай), Евтюшкин і авт. Запропоновані авторами математичні моделі спекл-шуму призначені для вирішення, як правило, задач фільтрації зображень і лише за спектральним складом (або ж текстурно) такі моделі відповідають реальному спекл-шуму.

Для задач сегментації та класифікації радіолокаційних зображень з врахуванням спекл шуму необхідна математична модель останнього, яка б максимально відтворювала реальний шум на радіолокаційному зображенні. Таким чином, побудова адекватної математичної моделі спекл-шуму для задач сегментації радіолокаційних зображень є актуальною науково-практичною задачею.

Поява спекл-шуму на радіолокаційних зображеннях обумовлена тим, що якщо навколо однорідної ділянки цілі існує велике число розсіювачів, то яскравість такої ділянки буде промодульована по простору випадковим чином. Причиною цього є інтерференція когерентних хвиль, що супроводжується взаємним підсиленням і ослабленням хвиль, відбитих від розсіювачів. Шляхом усереднення багатьох зображень, які отримані при різних умовах сканування (час, відносна орієнтація, частота випромінювання) можна добитися часткового усунення шумів, але при цьому погіршується просторова роздільна здатність самого зображення.

Найпростіша модель взаємодії когерентних хвиль – модель інтерференції від двох джерел. Розглянемо її докладніше. Нехай маємо два джерела радіохвиль, однакової інтенсивності, які спостерігаються приймачем, розміщеному на відстані l від досліджуваної ділянки Земної поверхні (рис. 1).

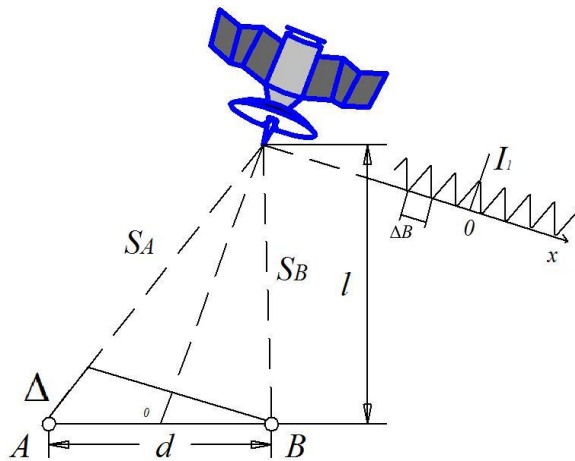


Рис. 1. Інтерференція від двох джерел

Вважаємо, що показник заломлення середовища дорівнює n . Відбиті від А та В хвилі збираються приймачем. Площина екрану приймача є полем інтерференції. У полі інтерференції є місця, де хвилі джерел складатимуться у фазі. У цих місцях відзначатимуться максимуми інтенсивності поля. Там же, де хвилі складатимуться в протифазі спостерігатиметься мінімальна інтенсивність. Якщо в полі інтерференції помістити непрозорий екран, яким є чутливий елемент приймача, то буде спостерігатися чергування світлих і темних смуг, що є інтерференційною картиною.

Параметрами інтерференційної картини є положення її максимумів x_{\max} і

мінімумів x_{\min} , а також пов'язана з ними ширина смуг інтерференційної картини ΔB (див. рис. 1).

У праці [6], автори використовують модель зображення, двохвимірної функції $F(x, y)$ у вигляді суми адитивної $n_a(x, y)$ та мультиплікативної $n_m(x, y)$ складових:

$$F(x, y) = g(x, y)n_m(x, y) + n_a(x, y), \quad (1)$$

де $g(x, y)$ – незашумлене зображення, $F(x, y)$ – зашумлене зображення, Оскільки вплив адитивної складової порівняно малий у порівнянні з мультиплікативною, модель шуму для задач фільтрації спрощено представляють як:

$$F(x, y) = g(x, y)n_m(x, y). \quad (2)$$

У праці [7] авторами зауважено, що відома математична модель (2) описує шум у кожній окремій точці зображення, не враховуючи при цьому значення показника шуму в сусідніх точках. Спекл-шум на радіолокаційних зображеннях є корельованим і розподіляється між кількома сусідніми пікселями у вигляді «зерна». Тому автори пропонують як математичну модель спекл-шуму використовувати модель спекл-шуму, що описує шум у поточному оброблюваному пікселі із урахуванням значень шуму в сусідніх пікселях [7]. Математичну модель вони представляють виразом:

$$\begin{cases} F(x, y)_{x \in 0..a, y \in 0..b} = g(x, y)_{x \in 0..a, y \in 0..b} + g(x, y)_{x \in 0..a, y \in 0..b} \times k_m(x, y) \\ k(x, y) = \frac{\sigma}{(l-a)^2 + (m-b)^2} \\ l = 0..a, m = 0..b, \end{cases}, \quad (3)$$

де $F(x, y)$ – зашумлене зображення, $g(x, y)$ – незашумлене зображення, $k(x, y)$ – показник шуму, a, b – розміри матриці «зерна» спекл-шуму, випадкова величина, вибирається в діапазоні 0..9, σ – коефіцієнт поширеності шуму.

Математична модель у вигляді (3) дає змогу отримати зашумлене зображення з грубозернистою структурою шуму.

Як бачимо, пропонувані моделі не використовують фізичної природи утворення спекл-шуму і, тому, не містять параметрів, котрі б характеризували умови отримання радіолокаційних зображень. Тому, запропоновано математичну модель спекл-шуму, для мультиплікативної суміші $F(x, y) = g(x, y)n_m(x, y)$ у такому вигляді:

$$\begin{cases} n(x, y) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{ij}(x, y) = I_0 \cos\left(4\pi \frac{\sqrt{(i-x)^2 + (j-y)^2}}{\lambda d}\right), \\ i = f_{\mu, \sigma}\{x_1, x_2, \dots, x_n\}, \quad j = f_{\mu, \sigma}\{y_1, y_2, \dots, y_n\} \end{cases}, \quad (4)$$

тут i та j – випадкові індикаторні функції елементів растру (координати центрів джерел вторинного випромінювання).

Запропонована математична модель спекл-шуму містить як детерміновану так і стохастичну складові та пов'язує у своїй структурі параметри імпульсної радіолокаційної зйомки і параметри поверхні цілі. Для верифікації запропонованої математичної моделі необхідними є реалізація відповідної їй імітаційної моделі, побудова критерію верифікації та, власне, сама верифікація з застосуванням експериментальних даних.

Література

1. Білинський Й.Й. Математична модель спекл-шуму та аналіз фільтрів обробки ультразвукових зображень / Й.Й. Білинський, А.О. Мельничук, О.А. Павлюк // Біомедичні вимірювання і технології. - №2. – 2011р. – С. 152-157.
2. Евтюшкин А.В. Сегментация многовременных радарных изображений земных покровов / А.В. Евтюшкин, В.М. Брискин, А.Е. Данилова, А.В. Філатов // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2014. Вип. 10. – С. 125-132.
3. Форсайт Д.А., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход.: Пер. сангл. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 928 с.
4. Верлань А.Ф. Моделирование процессов формирования и обработки акустических когерентных изображений / А.Ф. Верлань, В.Ф. Миргород, И.М. Гвоздева // Электронное моделирование. – 2004. – Том 26, №5. – С. 111-118.
5. Соифер В.А. Теоретические основы цифровой обработки изображений [Текст] / В.А. Соифер, В.В. Сергеев, С.Б. Попов, В.В. Мясников. – Самарский государственный аэрокосмический университет, Самара, 2000 г. – 256 с.
6. Chen J.F. Non-Gaussian Versus Non-Rayleigh Statistical Properties of Ultrasound Echo Signals. / J.F.Chen, J. A. Zagzebski, E. L. Madsen // IEEE transactions on ultrasonics Ferroelectrics and frequency control. – 1994.– vol 41. – № 4 – P. 435– 440.
7. Білинський Й.Й. Математична модель спекл-шуму та аналіз фільтрів обробки ультразвукових зображень / Й.Й. Білинський, А.О. Мельничук, О.А. Павлюк // Біомедичні вимірювання і технології. - №2. – 2011. – С. 152-157.