

# Application of Spline Basis for Solving of Some Radio Imaging Tasks

Kseniia Shelevytska, Oksana Semenova

Radioelectronics Department, National Aviation University,  
UKRAINE, Kyiv, Kosmonavta Komarova ave. 1  
E-mail: xenashelev@gmail.com

The systems of lateral review with the synthesized aerial aperture (SAR) in the tasks of radio imaging are traditionally applied. Large length aeriels allow to get a narrow diagram. At these conditions the distance to the target almost doesn't change, within the limits of wave-length (1). Knowing the law of the phase change for the distance elements it is succeeded to increase angular resolution. When it is necessary to carry out a front-lateral review it is difficult to get a narrow diagram and distance changes more heavily than per wave-length. The character of the phase change at such conditions has random character. The image reconstruction according to the scheme like as lateral review becomes impossible.

Another way of image reconstruction and resolution increasing means the solving of reverse radiolocation problem. Its essence in that at the known diagram of aerial orientation and sounding scheme according to the reflected signal the data the true surface image is calculated (2). The problem solving is calculated in the class of two-dimensional spline-function for certain sounding scheme of earth surface from an aircraft (3). It is considered that flight is carried out on a permanent given altitude rectilinearly with given speed. The aerial is directed at the angle of 45 degrees ahead and aside. The width of aerial aperture developing composes four display elements (pixel). For the given conditions an input signal from three targets with a different reflection ability is modeled. The obtained signal of image is shown on the fig.1. The result of reconstruction is shown on the fig.2. At the low noise level (ACS 0.001) the reconstructed image is identical to the given one. With the increasing of noise level to ACS 0.1 the reconstructed image gets artifacts.

The realization of proposed approach potentially allows to increase the resolution ability of radars of sounding scheme, or whose width of aeriels diagram orientation does not allow to realize the known algorithms of lateral review radar synthesis.

# Застосування сплайн-базисів для розв'язання деяких задач одержання радіо зображень

Ксенія Шелевицька, Оксана Семенова

Кафедра радіоелектроніки, Національний авіаційний  
університет, УКРАЇНА, м.Київ, пр.Космонавта Комарова, 1  
E-mail: xenashelev@gmail.com

*В доповіді розглянуто вирішення задачі радіобачення через розв'язання оберненої радіолокаційної задачі. Показано приклад розв'язку вказаної задачі для певних умов зондування у класі сплайн-функцій.*

Ключові слова – радіобачення, обернена радіолокаційна задача, сплайн-функції, радіолокація.

## I. Вступ

Радіобачення застосовується для одержання видимого зображення об'єктів за допомогою переважно міліметрових або субміліметрових радіохвиль, спрямованих на об'єкт і відбитих від нього. Радіобачення передбачає спостереження земної поверхні за допомогою радіохвиль з детальністю характерною для оптичних систем [1]. Найбільш відомими системами радіобачення є радіолокатори бокового огляду (радіолокатори із синтезованою апертурою). Вони мають високу роздільну здатність, що визначає детальність радіолокаційного зображення. Це досягається значним збільшенням розмірів антени вздовж фюзеляжу. В радіолокаційних станціях з штучним розкриттям антени використовують складні багатоканальні системи обробки сигналів. Однак, такі системи мають серйозні обмеження у застосуванні. Головна це неможливість бачити земну поверхню спереду. Відомі системи переднього-бокового огляду, однак їх реалізація на принципах бокового огляду доволі проблемна. Сигнал від окремої точкової цілі описується виразом [2]

$$s_i(t) = U_i G(t) \exp\{-j[4\pi r_i(t)/\lambda - j_i]\} \quad (1)$$

де  $U_i$  - максимальне відбиття від цілі,  $G(t)$  - функція апертури антени,  $r_i(t)$  - зміна відстані до цілі,  $\lambda$  - довжина хвилі,  $j_i$  - фаза перевідбиття. При значній зміні відстані (а саме це має місце при передньо-боковому огляді) відстань змінюється набагато більше за довжину хвилі. За таких умов фаза стає шумом й побудова узгодженого фільтра неможлива.

## II. Реконструкція одержаного радіолокаційного зображення

Розглянемо інший підхід. Прийнятий на дальності  $r$  сигнал  $s_r$  є інтегралом вздовж лінії рівної дальності (ЛРД)  $L_r$

$$s_r = \int_{L_r} G(q_r, l) U(l, A) dl, \quad (2)$$

де  $G(q_r, l)$ - локальна функція діаграми направленості антени,  $U(l, A)$ - функція відбиття з параметрами  $A$ .

Вважатимемо, що функція відбиття  $U(l, A)$  є двовимірний сплайн побудований на прямокутній сітці [3]. Тоді параметрами сплайна є відбиття сигналу у вузлах сітки сплайна. Вибравши зручну систему декартових координат формулу (1) можна записати як

$$s_r = \sum_k \int_{x_k}^{x_{k+1}} G(q_r, x) U(x, \{A\}_k) dx \quad (3)$$

де  $k$  - кількість фрагментів сплайна через котрі проходить ЛРД,  $\{A\}_k$  - підмножина параметрів від котрих залежить сплайн-функція відбиття на  $k$ -му фрагменті.

Внаслідок локальних властивостей сплайнів значення прийнятого на дальності  $r$  сигналу залежить від невеликої кількості параметрів – значень сплайн-функції відбиття у вузлах сітки що близькі до ЛРД. Прийняті сигнали елементів дальності відповідно до (3) утворюють систему лінійних рівнянь. Внаслідок переміщення антени в наступному зондуванні будуть задіяні інші параметри й утвориться нова система лінійних рівнянь. В сукупності утворюється розріджена система лінійних рівнянь специфічного вигляду. Система вирішує пряму задачу: за заданою сіткою вузлів сплайн-функції відбиття (і параметрами  $A$ ) знайти сигнали  $s_r$ , та обернену: за сигналами  $s_r$  знайти параметри  $A$ . Обвернена задача відноситься до некоректних. Застосування сплайнів дозволяє регуляризувати розв'язок оберненої задачі.

У доповіді розглядається вирішення вказаної задачі за окремих, заданих умов зондування що відповідають формуванню заданої системи лінійних рівнянь. Створена імітаційна модель зондування з літака, коли антена повернута під кутом 45 градусів до напрямку польоту та під кутом 45 градусів убік. Імітується поле поверхні у 7x12 елементів (пікселів). Приймається 11 елементів дальності. Ширина розкриву антени складає 7 пікселів. Рівень шумів низький (СКВ 0.001). Отримане без обробки зображення (прийнятий сигнал) по 15 зондуючих імпульсах показано на рис.1.

При заданій роздільній здатності по куту не можливо розрізнити наявні три цілі з різними коефіцієнтами відбиття. В результаті розв'язку оберненої задачі вдається отримати реконструкцію зображення яке співпадає із початковим й показане на рис.

2. Збільшення рівня шумів у сигналі до рівня СКВ 0.1 призводить до появи артефактів у реконструйованому зображенні.

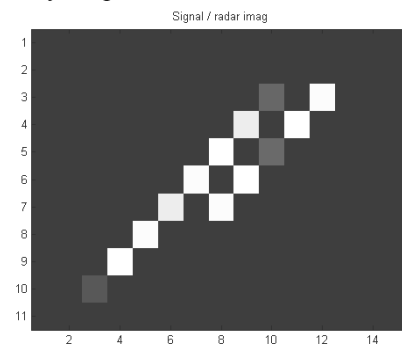


Рис.1. Прийняте зображення

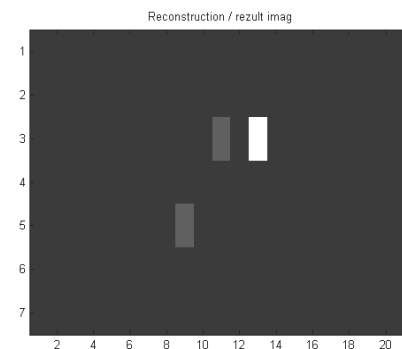


Рис.2. Реконструйоване істинне зображення

## Висновок

Розв'язання оберненої радіолокаційної задачі у сплайнових базисах потенційно дозволяє суттєво підвищити роздільну здатність по куту. Головною проблемою є отримання стійких до шумів схем розв'язку оберненої задачі та деякі технічні аспекти реалізації схем зондування.

## Література

- [1] Кондратенков Г.С. Радиовидение. Радиолокационные системы дистанционного зондирования Земли / Г.С.Кондратенков, А.Ю.Фролов – М.: «Радиотехника», 2005. – 368 с.
- [2] Радиолокационные станции с цифровым синтезированием апертуры антенны / [В.Н.Антипов, В.Т.Горяинов, А.Н.Кулин и др.]; под ред. В.Т.Горяинова, - М.: «Радиотехника», 1988 – 304 с.
- [3] Шелевицький І.В. Методи та засоби сплайн-технології обробки сигналів складної форм / І.В. Шелевицький – Кривий Ріг: Європейський університет, 2002. – 304 с.