



Чем меньше величина критериев M_1 и M_2 , тем лучше выделенная область, в идеальном случае они принимают значения 0. Вычислительный эксперимент показал, что среди рассмотренных методов сегментации для данного изображения наиболее эффективным оказался алгоритм «Сегментация разрезами на графе».

Литература

- 1 Лекция 10. Выделение объектов на фоне [Электронный ресурс] URL: <https://www.intuit.ru/studies/courses/993/163/lecture/4509?page=1> (дата обращения 10.04.2021).
- 2 Mortensen, E.N. Intelligent scissors for image composition [Текст] / E.N. Mortensen, W.A. Barrett – Proc. ACM Siggraph, 1995, 191-198 с.
- 3 Белим, С.В. Сегментация изображений на основе алгоритма выделения сообществ на графе [Текст] / С.В. Белим, С.Б. Ларионов – Математические структуры и моделирование, 2016. -74–85 с.
- 4 Kolmogorov, V. GrabCut – Interactive Foreground Extraction using Iterated Graph Cuts [Текст] / C. Rother, V. Kolmogorov, A. Blake – ACM Transactions on Graphics (TOG). 2004. V. 23. P. 309–314.
- 5 Vezhnevets V. Grow-Cut - Interactive Multi-Label N-D Image Segmentation [Текст] / V. Vezhnevets, V. Konouchine – Proc. Graphicon. 2005. P. 150–156.
- 6 Захаров, А.В. Критерии оценки качества сегментации изображений [Текст] / А.В. Захаров, П.П. Кольцов, Н.В. Котович, А.А. Кравченко, А.С. Куцаев, А.С. Осипов, 2012, 13с.

О.А. Морозов, В.Р. Фидельман, Ю.Е. Чуманкин

ОЦЕНКА СМЕЩЕНИЯ ГЛАВНОГО МАКСИМУМА ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ НА ОСНОВЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛОЖЕНИЯ РЕФЛЕКТОРНОЙ АНТЕННЫ

(Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского)

Максимально точное знание диаграммы направленности (ДН) рефлекторной антенны оказывается критически важным для решения многих прикладных задач. В частности, для задачи пеленгации. Традиционно для достижения удовлетворительной точности пеленгации используются крупногабаритные рефлекторы.

Описание ДН и положения источника излучения ведется в системе координат азимутальный угол az - угол места el . ДН дискретизируется на сетке в указанной системе координат. Согласно [1], предполагается что:

$$A = A_0 d(az_0, el_0), \quad (1)$$

где A – зарегистрированная амплитуда излучения, A_0 – амплитуда излучения источника, d – ДН антенны, (az_0, el_0) – направление на источник излучения.



При использовании крупногабаритных рефлекторов возникает проблема изменения геометрии конструкции антенны, поскольку рефлектор и облучатель могут сместиться относительно друг друга в процессе эксплуатации. Это приводит к изменению формы ДН. Существующие работы [2,3] предлагают измерять геометрические параметры положения антенны и в зависимости от них механически корректировать положение рефлектора, что не всегда представляется возможным. В качестве геометрических параметров положения используются углы Эйлера-Крылова (ψ, φ, θ) ориентации рефлектора [2], а также смещения (x, y, z) рефлектора антенны вдоль соответствующих осей в некоторой фиксированной системе координат. С другой стороны, можно не приводить положение рефлектора к исходному, а учесть изменение геометрических параметров положения рефлектора в модели ДН, используемой для вычислений.

Целью данной работы является построение полиномиальной модели расчёта поправок к исходной диаграмме направленности в зависимости от изменения геометрических параметров положения рефлектора, определение необходимого порядка этой модели, а также оценка погрешности, возникающей при её использовании.

Полагается, что при достаточно малом изменении геометрических параметров положения рефлектора форма ДН изменяется несущественно, но её главный максимум смещается. Дифференцируемую функцию можно аппроксимировать полиномиальным рядом (порядок полиномиального ряда зависит от диапазона изменения переменной, от которой имеется зависимость). С использованием полиномиального ряда порядка 2 произвольную функцию f двух аргументов x, y можно аппроксимировать следующим образом:

$$f(x, y) \approx f_0 + a_x x + a_y y + b_{xx} x^2 + b_{yy} y^2 + b_{xy} xy, \quad (2)$$

где набор коэффициентов a и b можно определить из значений производных или подобрать методом наименьших квадратов [4].

Если ввести:

$$\vec{t} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix}; \quad \hat{B} = \begin{pmatrix} b_{xx} & b_{xy} & a_x \\ 0 & b_{yy} & a_y \\ 0 & 0 & f_0 \end{pmatrix}, \quad (3)$$

то с помощью квадратичной формы выражение (2) представляется следующим образом:

$$f(\vec{t}) \approx \vec{t}^T \hat{B} \vec{t}. \quad (4)$$

Зависимость поправок к направлению главного максимума луча ДН по углам азимута Δaz и места Δel от геометрических параметров положения рефлектора \vec{t}_+ можно аппроксимировать выражением (4), обобщив его на шестимерный случай, поскольку рассматривается 6 геометрических параметров.



$$\begin{aligned}\Delta az &= \vec{t}_+^T \hat{B}_+^{az} \vec{t}_+ \\ \Delta el &= \vec{t}_+^T \hat{B}_+^{el} \vec{t}_+, \end{aligned} \quad (5)$$

где введены обозначения: \vec{t}_+ – это вектор геометрических параметров положения рефлектора, \hat{B}_+ – набор аппроксимирующих коэффициентов.

$$\vec{t}_+ = \begin{pmatrix} \psi \\ \varphi \\ \theta \\ x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}; \quad \hat{B}_+ = \begin{pmatrix} b_{\psi\psi} & b_{\psi\varphi} & b_{\psi\theta} & b_{\psi x} & b_{\psi y} & b_{\psi z} & a_\psi \\ 0 & b_{\varphi\varphi} & b_{\varphi\theta} & b_{\varphi x} & b_{\varphi y} & b_{\varphi z} & a_\varphi \\ 0 & 0 & b_{\theta\theta} & b_{\theta x} & b_{\theta y} & b_{\theta z} & a_\theta \\ 0 & 0 & 0 & b_{xx} & b_{xy} & b_{xz} & a_x \\ 0 & 0 & 0 & 0 & b_{yy} & b_{yz} & a_y \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{zz} & a_z \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & f_0 \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Таким образом можно аппроксимировать зависимость изменений направления главного максимума луча ДН полиномиальным рядом геометрических параметров положения рефлектора. В данной работе порядок полиномиального ряда выбран равным 2. Для вычисления поправок к направлению главного максимума потребуется две матрицы \hat{B}_+^{az} и \hat{B}_+^{el} , которые будут отвечать за расчёт поправок к азимутальному углу и углу места соответственно.

Подбор матриц \hat{B}_+^{az} и \hat{B}_+^{el} , с помощью которых осуществляется аппроксимация, выполняется по набору пар значений геометрических параметров положения рефлектора антенны \vec{t}_i и вычисленных некоторым способом «истинных» поправок Δaz_i и Δel_i (примеров). Для вычисления поправок Δaz_i и Δel_i может быть использован любой алгоритм, дающий удовлетворительные результаты. Требования к выполнению его в реальном времени не предъявляются, так как расчёт матриц \hat{B}_+^{az} и \hat{B}_+^{el} выполняется один раз перед началом функционирования системы. В настоящей работе для этого применён алгоритм блестящих точек [5].

Из (5) следует:

$$\Delta az_i = b_{\psi\psi} \psi_i^2 + b_{\psi\varphi} \psi_i \varphi_i + b_{\psi\theta} \psi_i \theta_i + b_{\psi x} \psi_i x_i + b_{\psi y} \psi_i y_i + \dots + a_i z_i + f_0. \quad (7)$$

Выражение (7) можно рассматривать как систему линейных уравнений (СЛУ) относительно параметров b, a, f_0 и переписать следующим образом:

$$\hat{A} \vec{v} = \vec{u}, \quad (8)$$

где введены обозначения:



$$\hat{A} = \begin{pmatrix} \psi_0^2 & \psi_0\varphi_0 & \psi_0\theta_0 & \psi_0x_0 & \dots & z_0 & 1 \\ \psi_1^2 & \psi_1\varphi_1 & \psi_1\theta_1 & \psi_1x_1 & \dots & z_1 & 1 \\ \psi_2^2 & \psi_2\varphi_2 & \psi_2\theta_2 & \psi_2x_2 & \dots & z_2 & 1 \\ \psi_3^2 & \psi_3\varphi_3 & \psi_3\theta_3 & \psi_3x_3 & \dots & z_3 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \psi_N^2 & \psi_N\varphi_N & \psi_N\theta_N & \psi_Nx_N & \dots & z_N & 1 \end{pmatrix}; \vec{v} = \begin{pmatrix} b_{\psi\psi} \\ b_{\psi\varphi} \\ \dots \\ f_0 \end{pmatrix}; \vec{u} = \begin{pmatrix} \Delta az_0 \\ \Delta az_1 \\ \dots \\ \Delta az_N \end{pmatrix}$$

Размерности: $\hat{A}=N \times 28$, $\vec{v}=28 \times 1$, $\vec{u}=N \times 1$, N – количество примеров.

Псевдообратную матрицу для матрицы \hat{A} можно найти с использованием сингулярного разложения (SVD) [6,7]. Использование SVD позволит исключить влияние малозначимых параметров. С особым вниманием следует подойти к подготовке примеров для составления матрицы \hat{A} , в них должны встречаться все характерные вариации всех возможных пар параметров. Подобные подходы применяются в машинном обучении и задачах калибровки камер.

В расчётах использовалась модель осесимметричной параболической антенны с диаметром раскрыва рефлектора 10 м и фокальным расстоянием 7 м, частота настройки облучателя 800 МГц.

Для настройки и тестирования модели методом блестящих точек был сгенерирован набор данных, состоящий из 10000 пар значений геометрических параметров положения рефлектора и направлений на главный максимум. Использованные значения геометрических параметров равномерно распределены в диапазонах: $\psi, \varphi, \theta \in [-1, 1]$ градус; $x, y, z \in [-0.03, 0.03]$ м.

Набор данных был разбит на две части: обучающая (для подбора коэффициентов, 80% записей) и тестовая (для верификации модели, 20% записей). Для обучающей выборки была составлена матрица \hat{A} размерностью 8000×28 . Для неё вычислялось сингулярное разложение. Отношение максимального и минимального сингулярных чисел составило 4377, что свидетельствует о плохой обусловленности. При вычислении псевдообратной матрицы Мура-Пенроуза сингулярные числа по модулю меньше 0.01 от максимального сингулярного числа обнулялись. С использованием псевдообратной матрицы были составлены матрицы \hat{B}_+^{az} и \hat{B}_+^{el} после чего на тестовой части набора данных было определено стандартное и максимальное отклонение вычисленных по предложенной методике поправок от их истинных значений.

При относительной погрешности измерения геометрических параметров положения рефлектора 10% стандартное отклонение по азимутальному углу составило 0.10 градуса, по углу места 0.11 градуса, максимальные отклонения составили 0.19 и 0.21 градуса соответственно. Без применения предложенной методики стандартное и максимальное отклонения составляют 0.5 и 1.0 градуса соответственно.

Таким образом, результаты численного эксперимента показали, что для аппроксимации зависимости поправок к направлению на главный максимум луча ДН во многих случаях достаточно использовать второй порядок точности.



При этом происходит значительное приближение рассчитанного с учетом поправок направления на главный максимум луча ДН к его истинному значению.

Литература

1. Морозов О.А., Фидельман В.Р., Чуманкин Ю.Е. Пространственная фильтрация источников сигналов на основе принципа максимума энтропии в задаче пассивной пеленгации с использованием многолучевых антенн // Известия высших учебных заведений. Радиофизика, 2019, т. 62, №2, с. 147-156.
2. Дорофеев М.О. Методика определения пространственного положения недеформируемой конструкции космического аппарата // Вестник СибГАУ, 2015, Т.16, №2, с. 395-399.
3. Бикеев Е.В., Якимов Е.Н., Матыленко М.Г., Титов Г.П. Способ компенсации деформаций конструкции крупногабаритной антенны космического аппарата // Вестник СибГАУ, 2016, т.17, №3, с. 673-683.
4. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. Москва: Физ.-мат. лит., 1962, 354 с.
5. Дятлов Д.В., Халимов Н.Р., Сидорчук В.П., Обнаружение фазированных антенных решеток, не работающих на излучение // Журнал радиоэлектроники, 2014, № 1.
6. Форсайт Дж., Малькольм М. Машинные методы математических вычислений. Москва: Мир, 1980, 280 с.
7. Каханер Д., Моулер К., Нэш С. Численные методы и программное обеспечение. Москва: Мир, 2001, 575 с.

Нгеко Муандзиби Деди Рудней
(Республика Конго)

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПУТЕВОДИТЕЛЯ "НАВИГАТОР" ДЛЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА НУАБАЛЕ-НДОККИ.

(Башкирский государственный педагогический университет им Акмуллы)

В современном мире много людей путешествуют, что требует информационных средств, чтобы двигаться более эффективно. особенно, когда мы находимся на границе самого большого леса Африки, который является лесом бассейна Конго. при малейшей ошибке можно заблудиться в лесу. это приложение является, чтобы сопровождать и помогать посетителям.

Смартфоны с новой платформой туристического гида могут конкурировать с устройством смартфона довольно просто. В основном она состоит из нескольких отдельных блоков-памяти, процессора, который занимается организацией вычислений, памяти для хранения данных, радио модуля, который к своей очереди состоит из передатчика и приемника и отвечает за связь. Самое интересное здесь - операционная система, установленная на внутренней памяти. В