

Розроблений пакет процедур запрограмований на алгоритмічних мовах ФОРТРАН-77, ПАСКАЛЬ і в середовищі системи програмування DELPHI-4.0.

1. Нестор Н.І. Оптимізація послідовності технологічних операцій за критеріями виходу придатних виробів і вартості виготовлення // Вісн. ДУ "Львівська політехніка". 1999. № 373. С.42–46. 2. Костин А.Е., Шаньгин В.Ф. Организация и обработка структур данных в вычислительных системах. М., 1987.

УДК 621.391.53.08

Клепфер Є., Прудіус І.*, Голотяк Т.*

Львівський науково-дослідний радіотехнічний інститут

*НУ "Львівська політехніка", кафедра РТП

АДАПТИВНИЙ МЕТОД ФОРМУВАННЯ РАДІОМЕТРИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

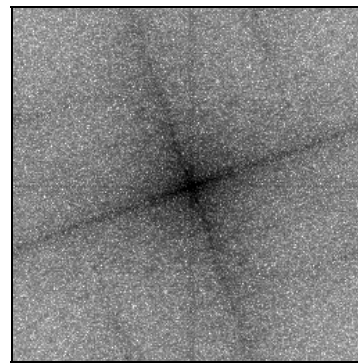
© Клепфер Є., Прудіус І.*, Голотяк Т.*, 2000

Розглянуто адаптивний метод формування радіометричних зображень. Проведено порівняльний аналіз методів формування зображень на основі l_2 -похибки.

Дослідження різних типів радіозображень показали [1-4], що їх просторові спектри мають певні особливості у розташуванні просторових гармонік. Так, для зображення (рис.1,а) його просторовий спектр, визначений як перетворення Фур'є від інтенсивності, має такий вигляд (рис.1,б). Як видно з рисунка, гармоніки просторового спектра зображення мають специфічне розташування, тобто вони розташовані вздовж осей, зсунутих на певний кут відносно координатних осей у площині просторових частот. В ідеальному випадку забезпечувати оцінку всіх гармонік у просторовому спектрі зображення має антена. Звідси випливає, що узгодження характеристик антенної системи і зображення буде полягати у знаходженні такої геометрії антенної системи, яка б мала таку ж структуру просторового спектра, як і зображення. Однак на практиці це вимагає створення антен з великим розміром апертури, що не завжди вдається реалізувати через наявні конструкційні обмеження. Тому, враховуючи дані обмеження, пропонується система, яка забезпечує прийом найбільш



а



б

Рис.1. Зображення (а) та його просторовий спектр (б)

інформативних гармонік просторового спектру зображення. Крім того, селективні властивості узгодженого просторового спектра антенної системи забезпечують подавлення шуму, спектральні складові якого є рівномірно розподіленими у просторовому спектрі зображення. Очевидні деякі труднощі у побудові такого типу систем на основі неперервних апертур через складність у забезпеченні необхідного розподілу поля, тому у даних системах пропонується використовувати антенні решітки.

Для проведення узгодження просторових спектрів антенної системи та зображення розглянемо основні співвідношення, які характеризують систему формування зображень, побудовану на основі антенної решітки. Основною характеристикою, якою можна керувати спрямованими властивостями антени, є розподіл поля в апертурі антени, тоді функція спрямованості системи з антенною решіткою визначається як

$$\dot{H}(\theta, \varphi) = \dot{H}_0(\theta, \varphi) \cdot \dot{H}_\Sigma(\theta, \varphi), \quad (1)$$

де

$$\dot{H}_\Sigma(\theta, \varphi) = \iint_S \dot{I}_{p,q} \cdot \exp\{-j\beta(z_p(x)\cos\theta + z_q(y)\cos\varphi)\} dx dy, \quad (2)$$

$\dot{H}_0(\theta, \varphi)$ – функція спрямованості антенного елемента антенної решітки, $\dot{H}_\Sigma(\theta, \varphi)$ – системний множник, який визначається на основі геометрії апертури та розподілу поля в апертурі; θ , φ – просторові координати; $\dot{I}_{p,q}$ – розподіл поля в апертурі антенної решітки; z_p , z_q – відстань до $[p, q]$ елемента антенної решітки, x , y – координати у площині апертури S ; $\beta = 2\pi/\lambda$ – хвильове число.

Оскільки функція спрямованості антенної решітки мало залежить від функції спрямованості елемента антенної решітки, які характеризуються слабкою просторовою селективністю, тому для подальшого розгляду прийmemo, що $\dot{H}_0(\theta, \varphi) = 1$ та

$$\dot{H}(\theta, \varphi) = \dot{H}_\Sigma(\theta, \varphi). \quad (3)$$

Розглянемо випадок радіотехнічної системи формування зображень, для якої основною характеристикою є функція спрямованості за потужністю

$$h(\theta, \varphi) = |\dot{H}(\theta, \varphi)|^2. \quad (4)$$

Просторовий спектр антенної решітки радіотехнічної системи визначається як перетворення Фур'є від її функції спрямованості

$$\tilde{H}(m, p) = \mathcal{F}\{h(\theta, \varphi)\}, \quad (5)$$

де $\mathcal{F}\{\cdot\}$ позначає перетворення Фур'є.

Анізотропні властивості просторового спектра антенної решітки системи формування зображень розглянуті на основі порівнянні двох типів геометрій: антенної решітки з квадратною апертурою, яка зазвичай використовується у системах формування зображень (рис.2,а) та антенної решітки типу хреста Мілса (рис.2,б) при умові використання однакової кількості антенних елементів. Функції спрямованості даних геометрій решіток наведені на рис.3, а просторові спектри на рис.4.

Як видно з рис.4, особливістю антенної системи з апертурою типу хреста Мілса є розташування спектральних гармонік вздовж осей, напрямок яких співпадає з розташуванням антенних елементів в апертурі решітки, тобто існує пряма залежність між позицією антенних елементів у апертурі антенної решітки та розташуванням спектральних складових у просторовому спектрі системи формування зображення, причому у випадку радіомет-

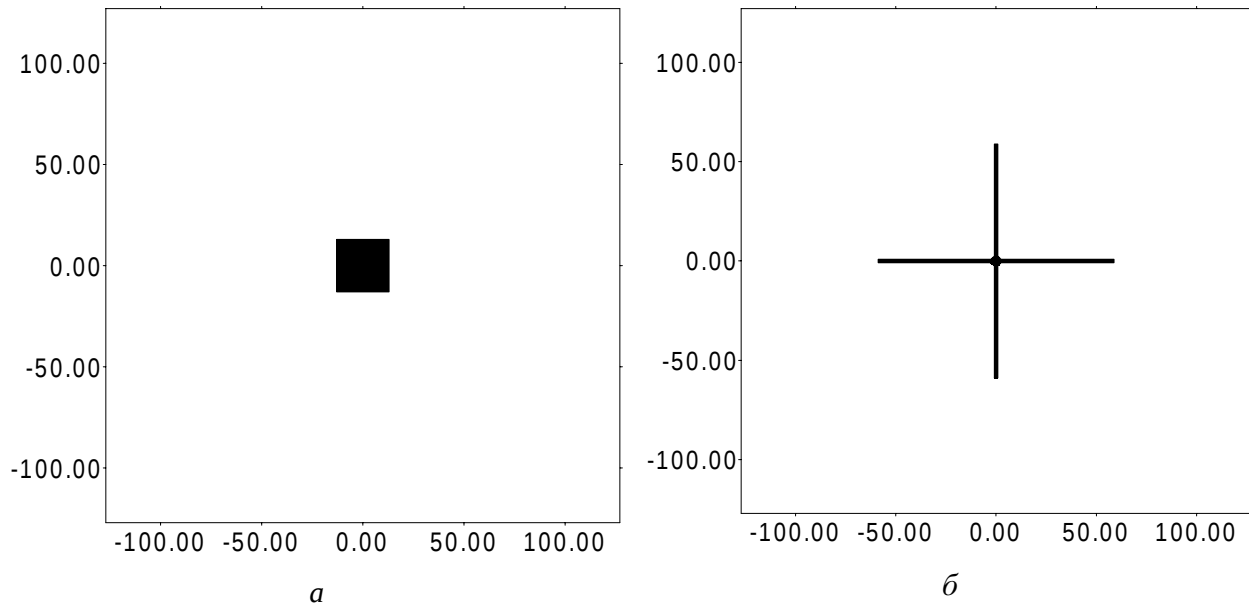


Рис.2. Антенна решітка з квадратною апертурою (а)
та апертурою типу хреста Мілса (б).

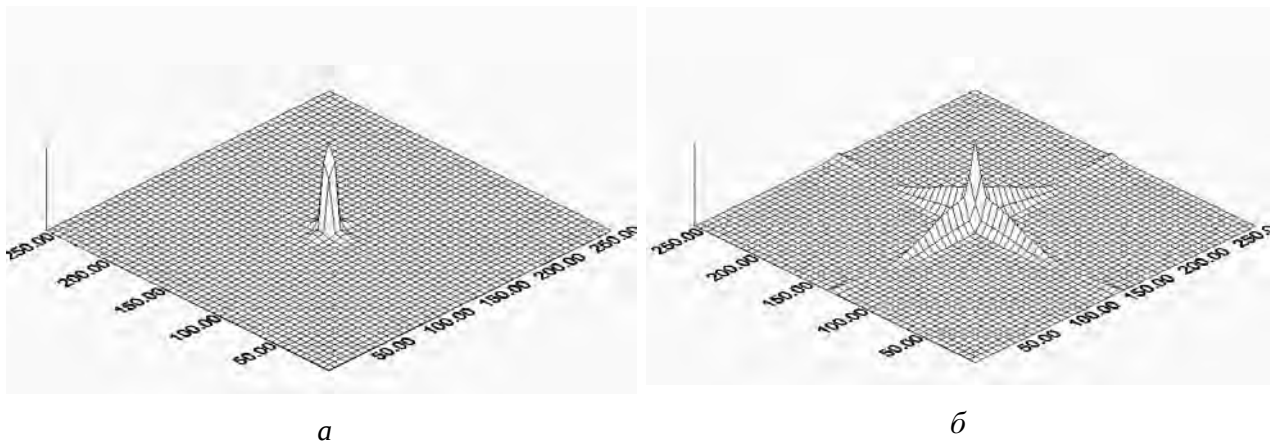


Рис.3. Функція спрямованості антенної решітки з квадратною апертурою (а)
та апертурою типу хреста Мілса (б).

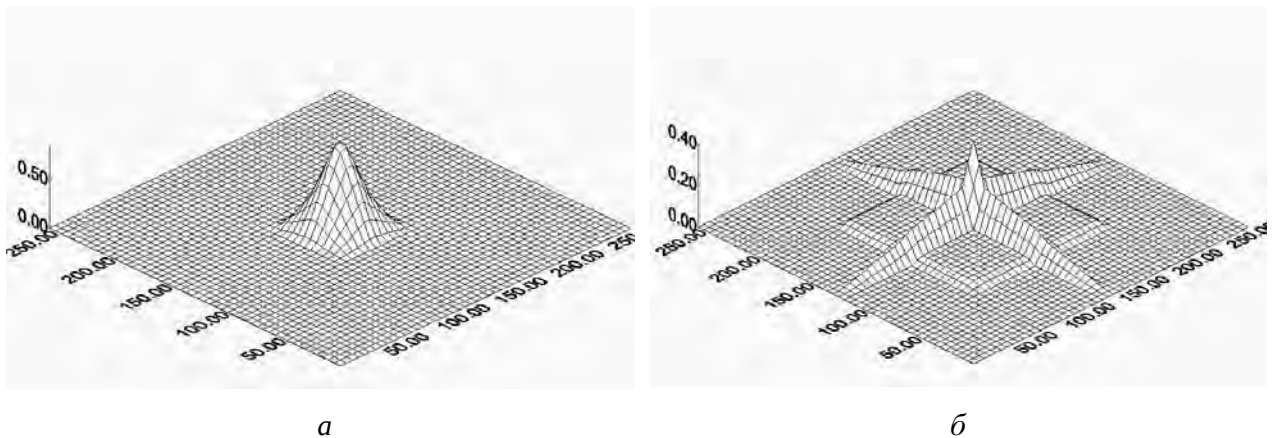


Рис.4. Просторовий спектр антенної решітки з квадратною апертурою (а)
та апертурою типу хреста Мілса (б).

ричної системи формування зображень просторовий спектр може бути визначений як автокореляційна функція від розподілу поля в апертурі решітки

$$|\tilde{H}(m, p)|^2 = \dot{I}_{p,q} \oplus \dot{I}_{p,q}, \quad (6)$$

де $\oplus$ позначає оператор знаходження автокореляційної функції.

На основі наведених вище міркувань було проведено моделювання процесу узгодження просторових характеристик системи формування та зображення. Як приклад було вибрано зображення об'єкта на постійному фоні (рис.5,а), яке є характерним для радіометричних систем.

Аналіз просторового спектра тестового зображення (рис.5, б) показав, що, беручи до уваги взаємозв'язок між розташуванням антенних елементів та гармоніками у просторовому спектрі, в узгодженій антенній решітці елементи мають бути розташовані вздовж осі, зсунутої на кут θ , визначений з просторового спектра зображення. Геометрія антенної решітки з узгодженими просторовими характеристиками наведена на рис.6,а, а функція спрямованості та просторовий спектр на рис.6,б та рис. 6,в, відповідно.

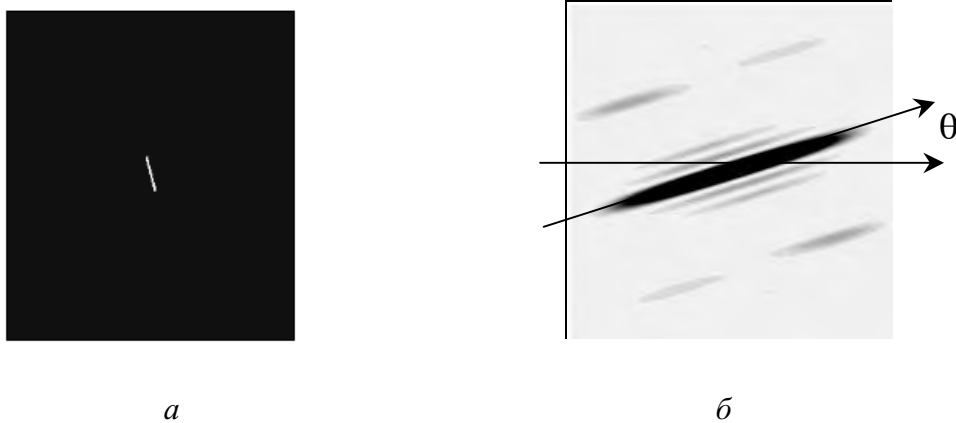


Рис.5. Тестове зображення (а) та його просторовий спектр (б)

Властивості запропонованого адаптивного підходу були порівняні із властивостями радіометричної системи формування на основі квадратної апертури (рис. 2,а) за умови, що у двох випадках було використано однакову кількість антенних елементів. Порівняння проводилось на основі знаходження l_1 - та l_2 - похибок формування зображення обома системами.

l_1 -похибка визначалась на основі виразу

$$l_1 = \sum_{i=1}^{256} \sum_{j=1}^{256} |g(i, j) - f(i, j)| / \sum_{i=1}^{256} \sum_{j=1}^{256} |f(i, j)|, \quad (7)$$

де $g(i, j)$ – сформоване зображення, $f(i, j)$ – зображення-оригінал.

Середньоквадратична похибка, або l_2 -похибка визначалась як

$$l_2 = \sum_{i=1}^{256} \sum_{j=1}^{256} (g(i, j) - f(i, j))^2 / \sum_{i=1}^{256} \sum_{j=1}^{256} f^2(i, j). \quad (8)$$

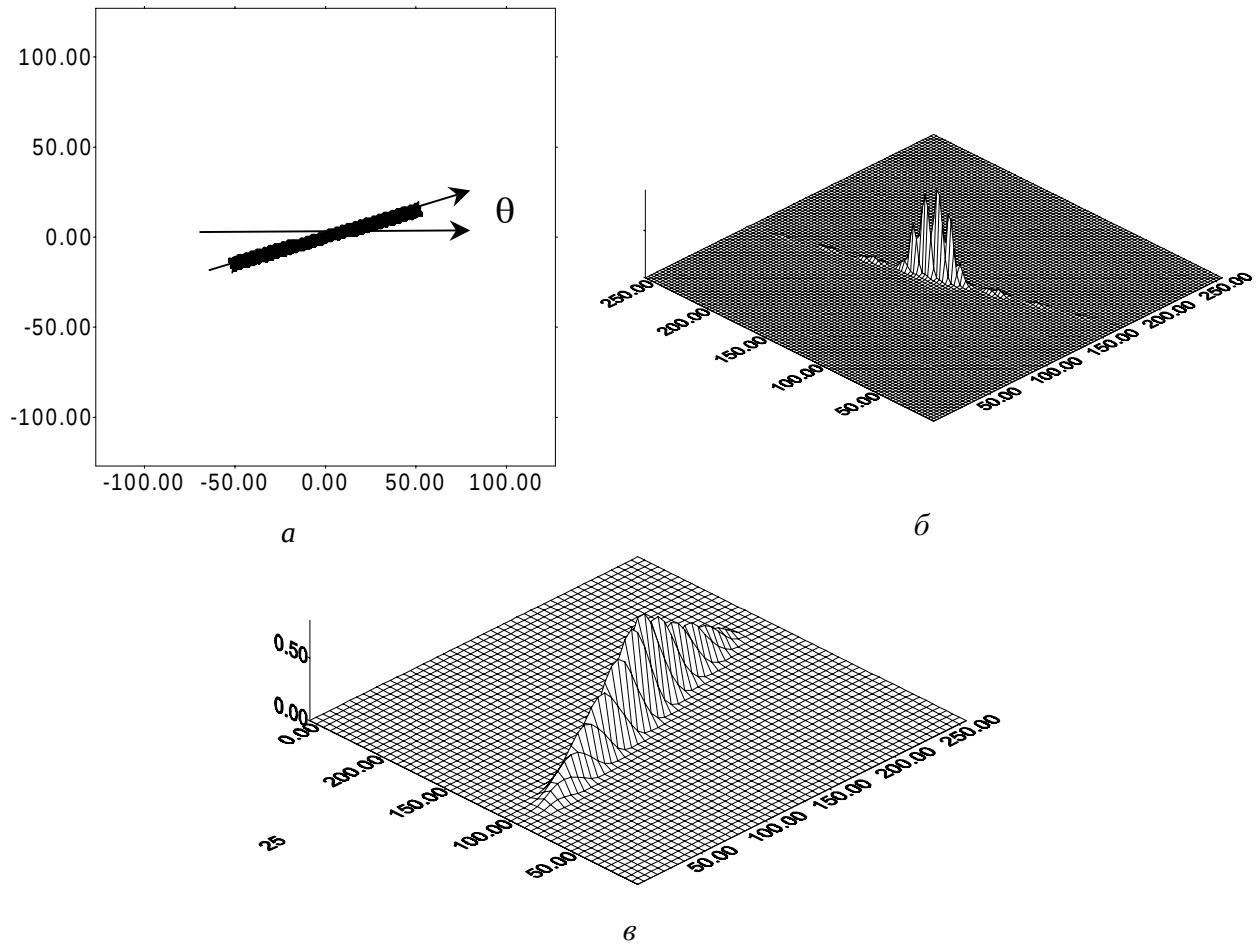


Рис.6. Геометрія апертури антенної решітки з узгодженими просторовими характеристиками (а), її функція спрямованості (б) та просторовий спектр (в)

Результати розрахунків для зображень, наведених на рис.1 та 5, наведені у таблиці.

Порівняння похибок формування зображень у l_1 - та l_2 - нормах

Тип похибки	Тестове зображення (рис.5,а)		Реальне зображення (рис.1,а)	
	l_1	l_2	l_1	l_2
Метод формування зображення на основі квадратної апертури	79.4%	56.7%	87.3%	68.1%
Адаптивний метод	59.7%	20.1%	79.4%	40.1%

Отримані результати показують, що запропонований підхід дозволив у 1,3 і 2,8 (для тестового зображення) та 1,1 і 1,7 (для реального зображення) рази зменшити похибку формування зображення у l_1 - та l_2 - нормах відповідно. Дещо гірші результати у випадку реального зображення пояснюються складністю аналізу спектра реального зображення.

У статті розглянуто метод побудови систем формування зображень на основі узгодження просторових характеристик приймальної системи і зображення, який дозволяє значно покращити якість отриманих зображень на етапі формування, чим полегшує їх подальшу обробку.

1. Prudyus I., Voloshynovskiy S., Holotyak T. Simulation of sparse antenna array in radiometry imaging systems // *Proceeding of 4th Science-Technical Conference " Microelectronic CAD"*. Lviv, February 18-23, 1997. Vol.2. P.153–154 2. I.Prudyus, S.Voloshynovskiy, T.Holotyak. Sparse antenna array in radar imaging systems // *Proceeding of 3rd International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services, TELSIKS'97*, Nis, Yugoslavia, October 8-10, 1997. Vol.1. P.46–49. 3. Prudyus I., Voloshynovskiy S., Holotyak T. Investigation of spatial antenna system characteristics in active and passive imaging system // *Proceeding of International Conference on Modern Problems of Telecommunications, Computer Science and Engineer Training, TCSET'98*, Lviv, February 23-28, 1998. P.124–125 4. Prudyus I., Voloshynovskiy S., Holotyak T. Adaptive aperture formation matched with radiometry image spatial spectrum, 12th International Conference on Microwaves & Radar, MIKON'98, Krakow, Poland, May 20-22, 1998. Vol.1. P.143–147.

УДК 621.382

Вуйцік В., Готра З.*, Котира А., Смоляж А.

*Люблінська політехніка

НУ "Львівська політехніка"

ОПТОЕЛЕКТРОННИЙ ПЕРЕМИКАЧ ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНІКИ

© Вуйцік В., Готра З., Котира А., Смоляж А., 2000

Викладена концепція оптоелектронного перемикача з використанням кристалів з подвійним променезаломленням, рідкокристалічних структур лінії затримки, а також лінзового модуля, з'єднуючого багатомодові світловоди. Наведено дослідження складових елементів, які дозволили визначити передавальні параметри перемикача.

Оптичні комп'ютери, локальні світловодні комп'ютерні мережі LAN (Local Area Network), а також розширені мережі оптичних сенсорів вимагають швидкого і повторюваного підключення між оптичними логічними схемами, що складаються з логічних матриць, які містять окремі комірки. Принцип дії і взаємодія таких елементів наведені на рис.1.

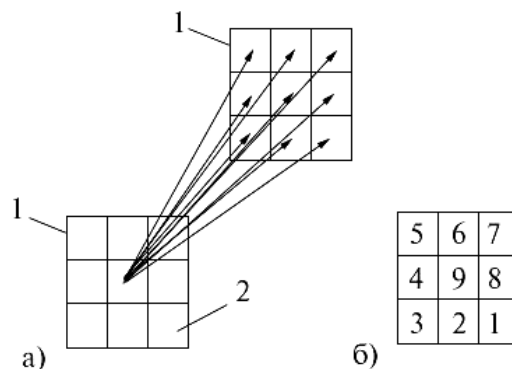


Рис.1 Схема підключення послідовних логічних оптичних комірок між сусідніми логічними схемами (а) та приклад нумерації логічних комірок (напрямок) (б):
1 – оптична логічна схема; 2 – оптична логічна комірка