

УДК 681.518:338.24

Розробка підходів щодо забезпечення ГІС в управлінні територіями точними і актуальними даними за рахунок використання віртуальної фотоприймальної матриці

В.І. Зацерковний

Національний авіаційний університет, м. Київ

В статті розглянута проблема забезпечення ГІС в управлінні територіями точними і актуальними даними за допомогою віртуальної фотоприймальної матриці.

РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ГИС В УПРАВЛЕНИИ ТЕРРИТОРИЯМИ ТОЧНЫМИ И АКТУАЛЬНЫМИ ДАННЫМИ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ФОТОПРИЕМНОЙ МАТРИЦЫ, Зацерковный В.И. — В статье рассмотрена проблема обеспечения ГИС в управлении территориями точными и актуальными данными с помощью виртуальной фотоприемной матрицы.

THE DEVELOPMENT OF APPROACHES ON GIS PROVISION IN TERRITORY MANAGEMENT WITH EXACT AND ACTUAL DATA BY USING VIRTUAL PHOTO-DETECTING MATRIX, Zatserkovniy V.I. — The following problem is considered in the article — GIS provision with exact and actual data in territory management with the help of virtual photo-detecting matrix

Ключевые слова: ГИС; дистанционное зондирование; разрешающая способность; субпиксель.

Key words: GIS; remote sensing; resolution; subpixel.

1. ВСТУП

Існуючі джерела просторової інформації для ГІС — численні і різноманітні як за якістю, так і за точністю; це карти, аеро- і космічні знімки, матеріали статистичної звітності, кадастри, дані гідрометорологічних спостережень, екологічного моніторингу, топографічні й тематичні карти (геологічні, ґрунтові та інші), дані ДЗЗ, геоінформаційних проектів, Інтернет тощо, вони отримуються за допомогою різних технологій [1]. Разом з даними для бази геоданих ГІС потрібні й метадані, що містять інформацію про проекції, географічну основу і базову карту, рівні генералізації, цензи і норми відбору об'єктів картографування, дизайн, дані про час створення або перевидання карти, процедури збору і компіляції даних, системи кодування і точність приладів тощо.

Крім того, у ГІС рідко використовується тільки один вид даних, найчастіше відбувається поєднання різних даних про певну територію, які отримуються з різних джерел, тому вони є різноманітними за стандартами, формою, поданням тощо. Проте, високим вимогам сучасних технологій наповнення баз геоданих ГІС, за точністю й оперативністю одержання, відповідають тільки методи ДЗЗ і GPS-вимірів.

2. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На сучасному етапі розвитку ГІС практично єдиним оперативним і достовірним джерелом одержання просторових даних і підтримки інформації для ГІС в управлінні територіями в актуальному стані є дані ДЗЗ. Однак для забезпечення ефективного використання даних ДЗЗ необхідно, щоб вони володіли певними характеристиками просторової, спектральної і часової розрізненості. Вимоги до просторового розрізнення і оперативності знімання для космічних систем ДЗЗ за групами задач представлені в [2].

Для управління територіями потрібні знімки великого охоплення і високого розрізнення. Однак задовольнити ці суперечливі вимоги в одному знімку зазвичай не вдається, оскільки чим більше охоплення одержуваних знімків, тим нижче їх розрізнення. Тому актуальною задачею є розробка підходів щодо забезпечення підвищення розрізненості космічних знімків і наповнення тим самим ГІС в управлінні територіями точними і актуальними даними.

3. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Дані ДЗЗ високої просторової розрізненості є важливим інструментом для розв'язку важливих практичних задач державного, регіонального та місцевого рівня, геопросторовою основою для прийняття відповідних рішень територіального управління і використовуються безпосередньо як для виявлення певних об'єктів та явищ природного та штучного походження та їх аналізу, так і як інформаційні джерела для створення та оновлення інших геопросторових даних і як "підкладки" тематичних карт.

Сучасні технології ДЗЗ і ГІС надають широкі можливості для обробки (дешифрування) аерокосмічних знімків різної картографічної і геофізичної інформації і дозволяють здійснювати оперативний моніторинг територій. Однією з головних невирішених проблем при використанні аерокосмічних зображень є проблема розробки нових, більш ефективних методів і програмних засобів автоматизованої інтерпретації таких даних.

Враховуючи обмежені можливості сучасних знімальних систем ДЗЗ щодо створення матриць зі зменшеними розмірами пікселів, слід вважати надзвичайно актуальною і перспективною розробку субпіксельної технології дистанційного знімання. Для розв'язання цієї задачі і усунення недоліків існуючих систем пропонуються різні способи одержання зображень субпіксельної розрізненності. Наприклад, у праці [3] описаний спосіб та пристрій для реєстрації зображень, у якому забезпечується субпіксельна реєстрація країв зображення шляхом врахування відхилень розподілу яскравості від унімодального. Однак недоліком цього способу є відсутність можливості побудови і розподілу рівня яскравості за рядком або стовпцем.

У способі, що реалізується пристроєм для одержання зображень з реєстрацією субпіксельної інформації [4], визначаються інтенсивності сигналів та центроїди місцезонашування сигналів у межах кожного пікселя. Проте недоліком цього пристрою є висока складність конструкції: до кожного фотоприймального елемента матриці приєднуються декілька додаткових вимірювальних електродів та попередніх підсилювачів сигналів.

Цікавим представляється спосіб, що реалізується пристроєм для одержання зображень із надрозрізненністю, у якому субпіксельний сигнал формується за допомогою додаткових дифракційних елементів з мікролінзами у кожному пікселі. Але до недоліків цього пристрою, як і попереднього, відноситься висока складність конструкції.

Заслужовує уваги ОЕП та спосіб його функціонування, у якому здійснюється субпіксельний зсув зображення за рахунок додаткової оптичної системи. Проте до недоліків цього способу можна віднести як обмеження кількості субпікселів, що розрізняються, так і кількість додаткових оптичних систем, оскільки це унеможливує суттєве підвищення розрізненності знімальної системи.

Задачу підвищення розрізненності цифрової камери можна вирішити за рахунок створення способу дистанційного знімання і дешифрування аерокосмічних знімків (рис. 1), який відрізняється тим, що при зніманні виконують кутове зміщення оптичної осі знімального приладу за напрямом рядків і стовпців фотоприймача матриці на n позицій з інтервалом $\frac{P\rho}{fn}$, де P — лінійний розмір сторони квадрата пікселя матриці; f — фокусна відстань об'єктива цифрової камери; $\rho = 206\,265''$ — один радіан, виражений у кутових секундах.

При дешифруванні визначають рівень електричних сигналів від засвічування прямокутних ділянок $P \times \frac{P}{n}$ пікселів, де $\frac{P}{n}$ — коротка сторона прямокутної ділянки, відповідно за напрямом рядків і стовпців.

Базуючись на групі пікселів з однаковим рівнем сигналів від їх засвічування, переважно мінімального рівня, за даними сигналами від прямокутних ділянок визначають рівень електричного сигналу для кожної ділянки пікселя площиною $\frac{P^2}{n^2}$, що відповідає його засвічуванню, і таким чином поділяють кожний піксель ПЗЗ-матриці на n^2 субпікселів.

Технічним результатом є підвищення розрізненності аерокосмічних знімків за площею в n^2 разів за рахунок заміни пікселів субпікселями. Отже, при збереженні величини поля зору цифрової камери отримують підвищення розрізненності або при збереженні розрізненності отримують збільшення поля зору.

На рис. 2 представлена схема оптико-електронного пристрою (ОЕП) для реалізації запропонованого способу дистанційного знімання.

Блок об'єктива, блок фотоприймальної матриці (ФПМ), блоки п'єзопластин та пружинні блоки жорстко встановлені відносно один одного у спільному корпусі. Електронні блоки обробки інформації, управління, комутації, субпіксельного дешифрування, формування цифрового зображення, запису та збереження інформації можуть розташовуватись або в тому ж корпусі, або окремо.

Світлові промені від об'єкта знімання надходять до блока об'єктива і фокусуються останнім на мішені ФПМ. Блок ФПМ перетворює інформацію на електричні сигнали і через блок обробки інформації спрямовує їх до блоку управління. Блок управління включає програмний блок, сигнали від якого перетворюються блоком управління на керуючі команди і спрямовуються через блок комутації до блока п'єзопластин, де за заданою програмою послідовно із заданим блоком обробки інформації інтервалом часу у визначеному порядку подається напруга на пластини y_1, y_2, \dots, y_n . У результаті утворюється дискретний зсув оптичної осі пристрою у напрямку однієї з осей матриці (рис. 3). Аналогічно здійснюється зсув оптичної осі пристрою у напрямку іншої осі матриці перпендикулярно першій.

Пружинні блоки забезпечують демпфування деформації пластин. Цикли зсуву оптичної осі на n

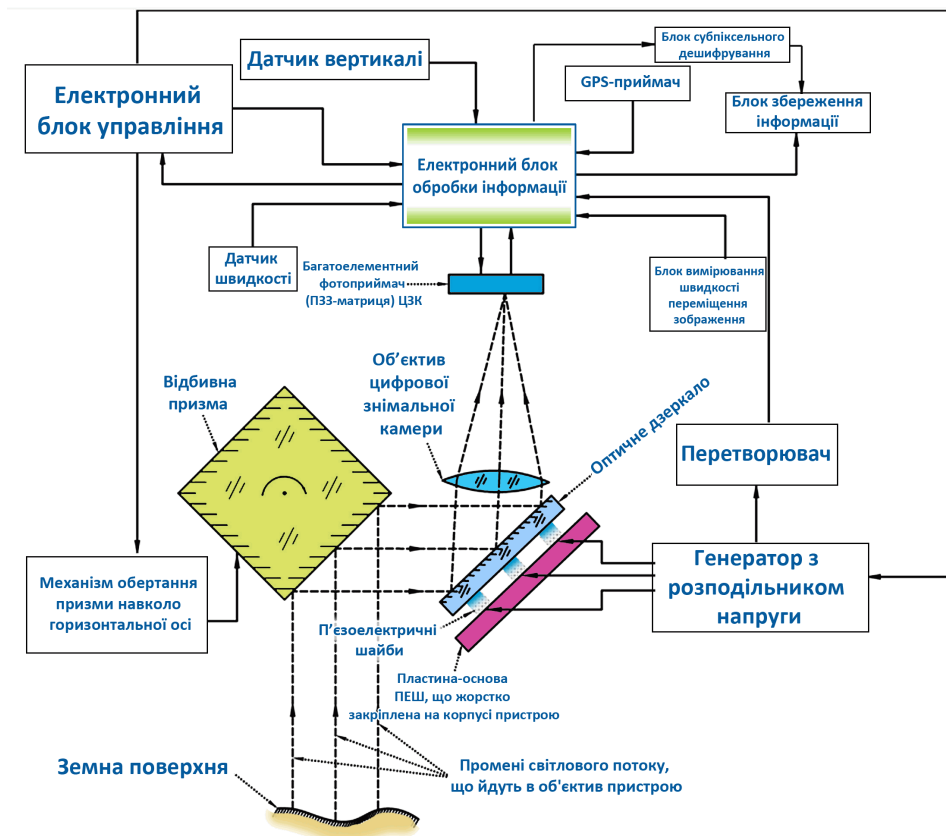


Рис. 1. Схема пристрою цифрового аерокосмічного знімання

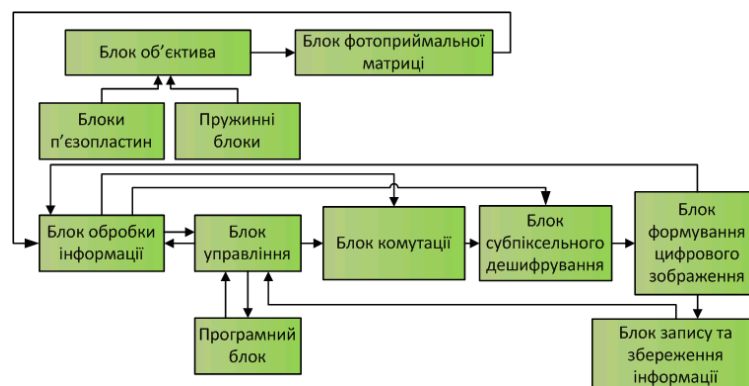


Рис. 2. Функціональна схема ОЕП для дистанційного знімання

позицій виконують послідовно у напрямку взаємно перпендикулярних осей ФПМ.

При кожному зсуві виконують експозицію, знімаючи об'єкт (через блоки об'єктива ФПМ, обробки інформації, управління та комутації).

Після виконання підключення n пластин електричну напругу знімають і оптична вісь пристрою встановлюється у первісне положення.

При зніманні повторюють цикл за циклом, виконуючи $2n$ експозицій (пакет) для кожної ділянки місцевості з субпіксельним перекриттям між пакетами кадрів об'єкта знімання. В отриманому у співавторстві патенті [5] описаний інший варіант організації зсувів зображення місцевості на мішені ФПМ. Під час руху літального апарата вздовж осі X розгортку вздовж осі Y виконують оптичною системою сканування. При цьому в полі зору ЦЗК для кожного блоку кадрів виконують n експозицій, де одна експозиція відповідає кадру блоку; щільність точок експозицій задається через блок управління залежно від необхідного поперечного та поздовжнього перекриттів.

Кожний з n експозицій у блоці кадрів відповідає певне положення дзеркальної призми, безперервне обертання якої забезпечує розширення кута поля зору системи (цьому відповідають саме n кадрів блоку, розміщених вздовж осі Y). При повороті дзеркальної призми на кут α крайній лівий і правий світлові промені, які обмежують пучок, що йде від земної поверхні та формує зображення, відхиляються на кут

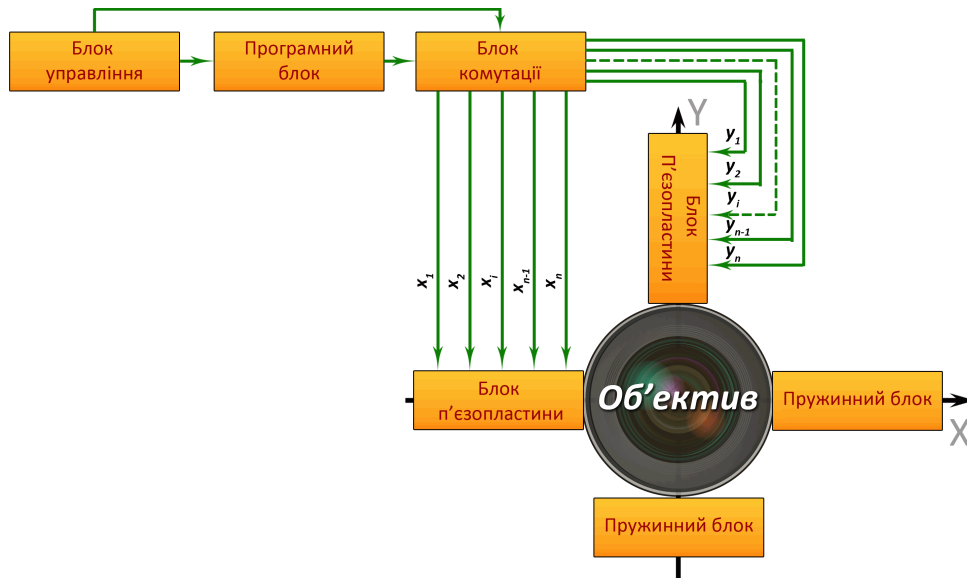


Рис. 3. Дискретний зсув оптичної осі пристрою

2α , розширюючи таким чином поле зору.

На рис. 4, як приклад, зображено дві групи знімків, позначених символами 1 і 2, а кожна група містить три блоки кадрів 1.1, 1.2, 1.3 — у першій групі, 2.1, 2.2, 2.3 — у другій групі з кількістю експозицій n у кожному блоці кадрів, де

L — ширина кадру на місцевості;

D_x — величина поздовжнього перекриття на місцевості;

D_y — величина поперечного перекриття на місцевості;

A_1, A_2, A_3 — центри блоків кадрів першої групи знімків;

B_1, B_2, B_3 — центри блоків кадрів другої групи знімків;

$\sim t_{90^\circ - (n-1)\alpha^\circ}$ — позначає час між експозиціями A_3 та B_1 (у загальному випадку — між останньою експозицією останнього блоку кадрів i -ої групи знімків та першою експозицією першого блоку кадрів наступної, $(i+1)$ -ої групи знімків), пропорційний лінійній відстані, яку проходить літальний засіб за цей час, тобто це є час паузи, протягом якого призма здійснює оберт на $90^\circ - (n-1)\alpha^\circ$, у розрахунках цю величину позначатимемо як t ;

$\sim t_{\alpha^\circ}$ — позначає час між послідовними експозиціями центрів сусідніх блоків кадрів у групі ($B_1 - B_2$, $B_2 - B_3$, $A_1 - A_2$ тощо), пропорційний лінійній відстані, яку проходить літальний засіб за цей час, тобто це є час повороту призми на кут α° .

Літальний засіб рухається вздовж додатного напрямку осі X (рис. 4) і виконує, наприклад, $n = 3$ експозицій у кожному з трьох блоків кадрів двох груп знімків (у загальному випадку, блоків і груп може бути багато).

Експозиції у кожному блоці виконуються через інтервали часу, які відповідають повороту дзеркальної призми на кут α , що дозволяє зробити кадрову розгортку перпендикулярно курсу літального апарата.

Рух літального засобу зумовлює зміщення блоків кадрів між групами (поздовжнє перекриття D_x на

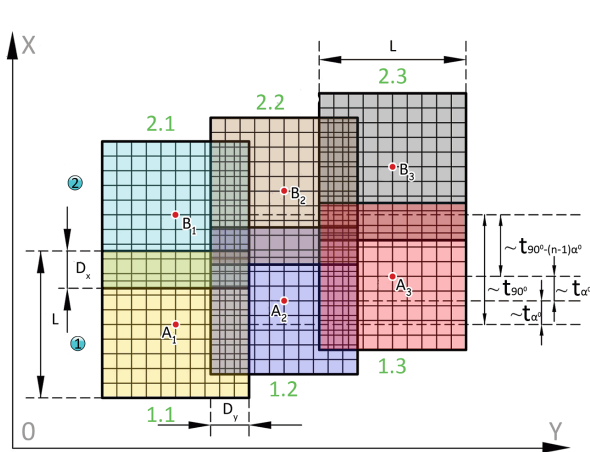


Рис. 4. Приклад знімків, що містять три групи кадрів

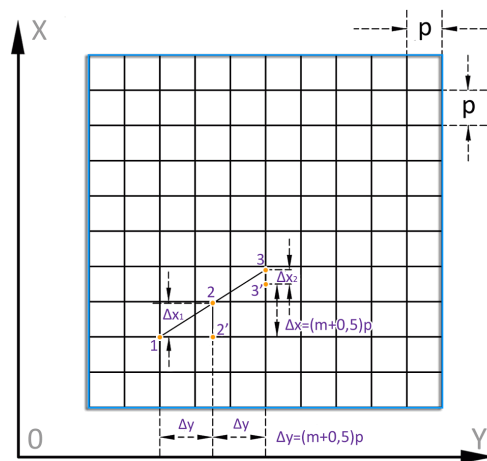


Рис. 5. Розташування центрів експозицій

місцевості).

Зміщення сусідніх блоків кадрів у кожній групі (поперечне перекриття D_y на місцевості) виникає внаслідок виконання розгортки при скануванні вздовж осі Y .

Інтервали між експозиціями вздовж осі Y задають через $(n+0,5)p$, де n — деяке ціле число пікселів, що залежить від частоти виконання експозицій для даної ЦЗК, тактової частоти ФПМ (наприклад, ПЗЗ-матриці), швидкості обертання чотиригранної дзеркальної призми; p — лінійний розмір пікселя.

Положення центру другої експозиції задають відносно центру першої експозиції через інтервал $(n+0,5)p$ відносно осі Y , а відносно осі X — таким чином, щоб центр другої експозиції опинився на одній лінії рядків пікселів (лінія поділу пікселів, паралельна осі Y) з центром першої експозиції.

Цього домагаються зміщенням другого кадру у полі зору ЦЗК при скануванні на кут α (точка A_2 на рис.5 після виконання першої експозиції на величину Δx_1 (паралельно осі X) за допомогою акустико-оптичного дефлектора, що вбудований в оптичну систему камери навколо осі Z , яка є перпендикулярною площині XY .

Центр третьої експозиції задають відносно точки, що відповідала б центру другої експозиції без зміщення кадру акустико-оптичним рефлектором (точка 2 на рис.5) через інтервал $(n+0,5)p$ відносно осі Y .

Таким чином, інтервал між фактичними центрами першої і третьої експозицій відносно осі Y складає ціле число пікселів, а відносно осі X — зміщенням кадру в полі зору ЦЗК за допомогою акустико-оптичного рефлектора на інтервал Δx_2 таким чином, щоб центр третьої експозиції був зміщений відносно фактичного центру другої експозиції (точка 2' на рис.5) вздовж осі X , а, отже, і центру першої експозиції на величину $\Delta x_3 = (m+0,5)p$, де m — певне ціле число.

На лінії 1–2–3 на рис.6 знаходились б центри другої і третьої експозицій без зміщення кадрів акустико-оптичним рефлектором. Точки експозицій 1', 2' і 3' отримують у кожному з блоків кадрів.

Отже, після виконання першого зміщення кадрів відносно один одного акустико-оптичним рефлектором вздовж осі X на дробовий інтервал маємо зміщення засвічування в пікселях кадрів (зсув зображення відносно пікселів матриці) вздовж осі Y на $(n+0,5)p$, де n — ціле число, а після другого зміщення кадрів — те ж на $(n+0,5)p$ вздовж осі Y та на $(m+0,5)p$, де m — ціле число. В результаті отримуємо субпікселі, зображені на рис.7.

Зазначимо, що дробова частина, на яку виконують зміщення засвічування в пікселях кадрів вздовж осей X і Y , може бути і не $0,5p$. При іншій величині дробового зміщення матимемо іншу кількість експозицій для кожного блоку кадрів.

Інформація, що приймається від об'єкта, попередньо опрацьовується в електронному блоці обробки інформації.

Зауважимо, що в електронний блок обробки інформації з блока фотоприймача (ПЗЗ-матриці) ЦЗК надходять електричні сигнали від засвічування пікселів ПЗЗ-матриці. Від кожного пікселя в електронному блоці обробки інформації виконується ранжирування і кодування цих сигналів. Цю опрацьовану інформацію спрямовують до блока дешифрування. В блоці дешифрування аналізують відповідно сигнали за кожним рядком і кожним стовпцем для n експозицій.

Розглянемо порядок визначення рівня засвічування субпікселів у рядку в блоці дешифрування. При n зсувах отримують $n+1$ субпікселів прямокутної форми. Припустимо, що $n=1$. На рис.7а показаний фрагмент рядка з 8 пікселів (№№ 1...8). Доцільно виділити рівносигнальні зони, що складаються з декількох пікселів з однаковими рівнями засвічування, оскільки це в певному рівні характеризує об'єкт місцевості, як і рівномірно освітлені вздовж осі рядків або стовпців.

На рис.7 штрихуванням показані рівні сигналів, що заповнюють кожний піксель. У даному випадку

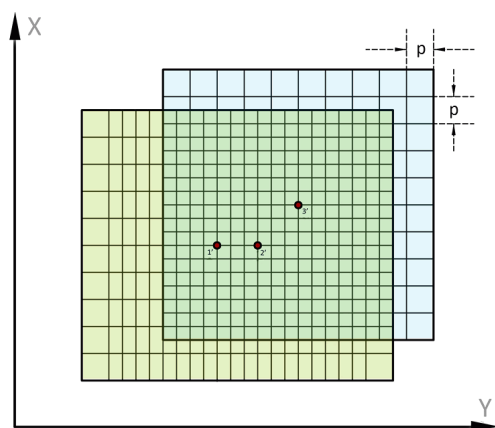


Рис. 6. Приклад отримання субпікселів

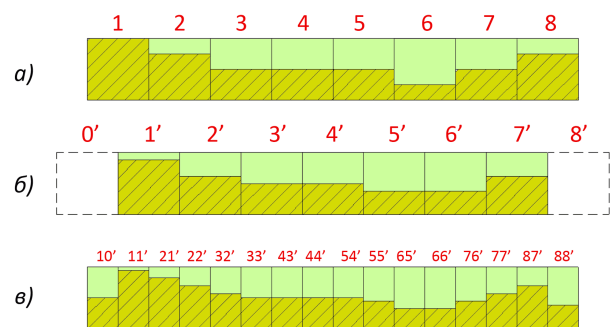


Рис. 7. Схема отримання субпікселів

сигнали від пікселів 3, 4, 5 мають рівну величину сигналу, яку можна визначити за шкалою більш темного тону.

У наведеному прикладі прийняті такі рівні сигналів від засвічування пікселів (у відсотках від максимальних рівнів): 1 — 100%, 2 — 75%, 3 — 50%, 4 — 50%, 5 — 50%, 6 — 25%, 7 — 50%, 8 — 75%. Після зсуву оптичної осі пристрою маємо зсув зображення на ПЗЗ-матриці на величину $\frac{P}{n+1}$, де P — лінійний розмір квадратного пікселя. Наприклад, при $n=1$ отримують сигнали від засвічування тих же пікселів, але тепер вже зсунутих у напрямку лінії рядків на величину $\frac{P}{2}$.

Представимо рівні цих сигналів як заповнені штрихуванням квадрати 0', 1', 2', ..., 7' (рис. 7б) з приблизними значеннями рівнів відповідних двом суміжним пікселям у ряді 1, ..., 8. Отримаємо у відсотках: 1' — 88%, 2' — 62%, 3' — 50%, 4' — 50%, 5' — 38%, 6' — 38%, 7' — 62%.

За даними сигналів в квадратах пікселів на рис. 7а, 7б аналогічно можна сформувати рівні сигналів у прямокутниках з короткою стороною $\frac{P}{2}$, позначені як 10', 11', 21', 22', 32', 33', 43', 44', 54', 55', 65', 66', 76', 77', 87', 88' (рис. 7в).

Звернемо увагу, що рівносигнальну границю (рис. 7а) утворюють сигнали в квадратах 3, 4, 5, (рис. 7б) — у квадратах 3', 4' і (рис. 7в) — у прямокутниках 33', 43', 44', 54', кожен з яких дорівнює 50% максимального рівня.

Треба відзначити, що в рівносигнальній групі 33', 43', 44', 54' отримані значення і еквівалентність рівнів сигналів є більш точними і достовірними у порівнянні з іншими «напівпікселями» ряду. При цьому, чим більше є пікселів у рівносигнальних границях (у рядку, стовпці) і більше таких границь, тим точніше результати визначення рівнів сигналів від усіх «напівпікселів».

Після цього, базуючись на рівносигнальну групу 33', 43', 44', 54', визначають у блоці субпіксельного дешифрування рівні сигналів у всіх прямокутниках рядка (тобто у відповідних напівпікселях). При цьому контролюють отримані значення за іншими рівносигнальними групами у даному рядку і при необхідності виконують обчислювальне зрівнювання сигналів.

За вищеописаною технологією в блоці субпіксельного дешифрування визначають (за сигналами у прямокутниках $P \times \frac{P}{2}$) сигнали в прямокутниках $P \times \frac{P}{4}$, $P \times \frac{P}{16}$, $P \times \frac{P}{32}$ тощо. Аналогічно виконують поділ рівня сигналу за стовпцями ФПМ і визначають сигнали від прямокутних напівпікселів. Таким чином, у блоці субпіксельного дешифрування будуть визначені сигнали в напівпікселях $P \times \frac{P}{2}$ за рядками і стовпцями.

Розглянемо ситуацію в окремому пікселі. На рис. 8 показаний квадрат пікселя з визначеними в блоці субпіксельного дешифрування сигналами в прямокутниках $u_1 = a + b$, $u_2 = c + d$, $u_3 = a + d$, $u_4 = b + c$.

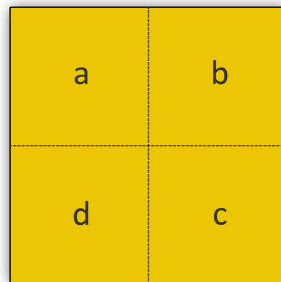


Рис. 8. Квадрат пікселя

Якщо розглядуваний квадрат (піксель) знаходиться в межах рівносигнальної групи (за рядками або стовпцями), наприклад, якщо $u_3 = u_4$, то очевидним є те, що $a = b = \frac{u_1}{2}$, $c = d = \frac{u_2}{2}$, то за даними алгоритмами визначають рівні сигналів від засвічування чверть пікселів a , b , c , d у пікселі рівносигнальної групи. За межами цієї групи за виміряними і визначеними значеннями згаданих сигналів чверть пікселів визначають рівні сигналів від засвічування інших чверть пікселів у рядках і стовпцях.

Позначимо рівні електричних сигналів від пікселів U_i і $U_{i'}$ ($i = \overline{1; 8}$, $i' = \overline{1'; 8'}$), а від «напівпікселів» — $U_{ii'}$. Є очевидним, що:

$$U_3 + U_{3'} = U_{32'} + 2U_{33'} + U_{43'}.$$

Враховуючи, що $U_{33'} = U_{43'}$, отримаємо

$$U_{32'} = U_3 + U_{3'} - 3U_{33'} = U_3 - 0,5U_{3'},$$

оскільки $U_{33'} = 0,5U_{3'}$.

Аналогічно

$$U_{22'} = U_2 + U_{3'} - 2U_{32'} - U_{33'} = U_2 + U_3 - 2(U_3 - 0,5U_{3'}) = U_2 - U_3 + U_{3'}.$$

Таким же чином визначають $U_{21'}$, $U_{11'}$, $U_{10'}$ і $U_{55'}$, ..., $U_{88'}$.

У варіанті з кадровим скануванням вздовж осі Y , у зв'язку з коливаннями висоти знімання, крену, тангажу, рисканням, відхиленням курсу через різні явища в атмосфері, швидкість літального апарата може змінюватись, що буде викликати зміни в розмірах субпікселів i , відповідно, зміни у значеннях швидкостей переміщення зображення вздовж осей X і Y , а тому в цьому випадку блок обробки інформації через блок управління і механізм сканування регулює кутову швидкість сканування вздовж осі Y таким чином, щоб відношення швидкостей руху світлових променів за осями X і Y було постійним.

За цією ж аналогією у блоці субпіксельного дешифрування виконують розподіл сигналу пікселя від $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{16}$, від $\frac{1}{16}$ до $\frac{1}{32}$ і так далі на площах $\frac{P^2}{n^2}$ при значеннях $n = 16, 32$ тощо.

Треба відзначити, що можна визначити сигнали субпікселів при непарному n . Після перетворень у блоці субпіксельного дешифрування сигналів пікселів у сигнали субпікселів останнім привласнюються відповідні новий (збільшений) матриці номери і коди, передаються на вхід блока формування цифрового зображення, від якого спрямовують сигнали про формування зображення в блоці обробки інформації, а також зображення в блок запису і збереження.

В задачу перетворення пікселів у субпіксельні входить також контроль стикування субпікселів за величиною накопиченої похибки в обчислених рівнях «засвічування» субпікселів у проміжках між рівносигнальними зонами.

Для підвищення точності виконують зрівнювання нев'язок аналогічно зрівнюванню нівелірного ходу в геодезії. Для кожного інтервалу (границі субпікселів) між рівносигнальними зонами з рівнем засвічування відповідно R_i і R_{i+1} визначають суму різностей обчислених значень рівнів «засвічування» і визначають нев'язку в інтервалі $[R_i, R_{i+1}]$ із виразу

$$R_i + \sum_{R_i}^{R_{i+1}} \Delta r - R_{i+1} = u_{i,i+1},$$

де Δr — різниці рівнів «засвічування» в субпікселях в інтервалі $[R_i, R_{i+1}]$; $u_{i,i+1}$ — нев'язки в інтервалі.

Поправки f для кожного субпікселя визначають як $f = \frac{u_{i,i+1}}{n}$, де n — кількість субпікселів в інтервалі, вводять поправку в значення рівня засвічування в кожний субпіксель. Аналогічно обчислюють поправки у всіх інших субпікселях рядка або стовпця.

Алгоритм управління дешифруванням цифрового зображення місцевості за методом віртуальної ФПМ представлений нижче.

I етап

1.1. Включення системи блоку управління

1.2. Побудова зображення, сформованого об'єктивом цифрової камери на мішень фото приймальної матриці

1.3. Перетворення світлових сигналів у цифровий код і його передача в блок обробки інформації

II етап

2.1. Тест-контроль функціонування системи в блоці обробки інформації

2.2. Видача повідомлення про норму в блок управління

III етап

3.1. Видача команди з блоку управління в блок програмування — включення програми послідовного зсуву об'єктива цифрової камери блоками програмування вздовж осей X та Y

IV етап

4.1. Формування команди з БУ на цифрову камеру на включення експозиції цифрової камери синхронно з моментами субпіксельних зсувів п'єзопластин блока програмування.

4.2. Передача даних аерокосмічного знімання з цифрової камери в блок обробки інформації

V етап

5.1. Визначення рівносигнальних зон — рівня сигналів у рядках і стовпцях фотоприймальної матриці

5.2. Попереднє обчислення субпікселів

5.3. Урівнювання сигналів в інтервалах між рівносигнальними зонами в рядках і стовпцях

5.4. Точне обчислення субпікселів, побудова віртуальної фотоприймальної матриці (присвоєння нових номерів і координат субпікселям)

5.5. Передача отриманих даних у блок формування цифрового сигналу підвищеної точності (n^2 разів порівняно з реально існуючими фотоприймальними матрицями)

VI етап

6.1. Побудова зображення підвищеної точності

6.2. Передача побудованого цифрового зображення споживачам

Узагальнена блок-схема аерокосмічної знімальної системи з дешифруванням за методом віртуальної фотоматриці представлена на рис. 9.

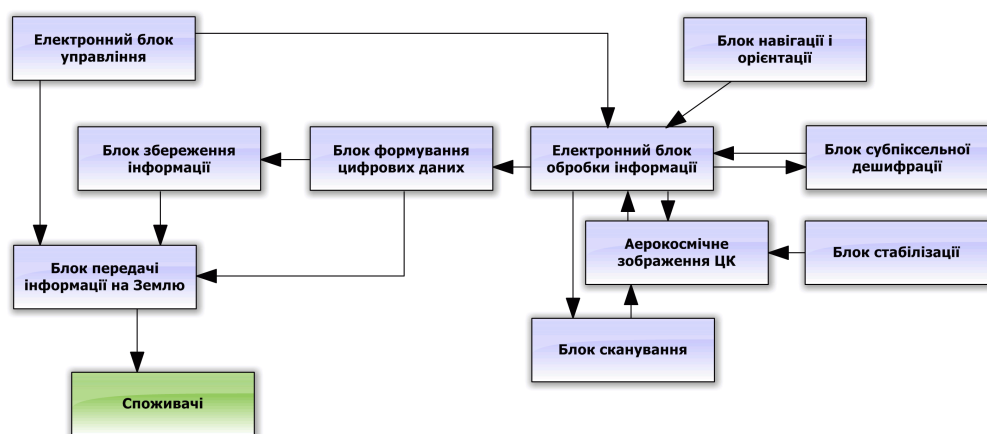


Рис. 9. Блок-схема аерокосмічного знімальної системи з дешифруванням за методом віртуальної фотоприймальної матриці

4. ВИСНОВКИ

Розроблений спосіб дистанційного знімання на основі методу віртуальної фотоприймальної матриці дозволяє виконувати дистанційну зйомку і реєстрування аерокосмічних зображень з підвищеною розрізненістю в n^2 разів порівняно з існуючими матричними схемами.

1. Бурачек В.Г., Железняк О.О., Зацерковний В.І. Основи ГІС. — Ніжин: ТОВ Видавництво «Аспект-Поліграф», 2011. — 512 с.
2. Козодеров В.В., Кондранин Т.В. Методы оценки состояния почвенно-растительного покрова по данным оптических систем дистанционного аэрокосмического зондирования. — М.: МФТИ, 2008. — 222 с.
3. Super-resolving imaging system / Mendlovic D., Zalevsky Z., Konforti N., Marom E., Shabtay G., Levy U., Karako S. / United States Patent No 6,344,893. — 05.02.02.
4. European Patent No 1 821 120. Optoelectronic device and method for its operation / Waslowski K., Merettig G. — 16.02.07.
5. Патент України на винахід 97889, МПК (2011) G01C 11/01. Спосіб цифрового аерокосмічного знімання / Беленок В.Ю., Бурачек В.Г., Зацерковний В.І., Нисторяк І.О., Попов М.О., Станкевич С.А.; патентовласники Беленок В.Ю., Бурачек В.Г., Нисторяк І.О., Зацерковний В.І., Попов М.О., Станкевич С.А. — № 97338; заявл. 09.09.10; опубл. 12.03.12, Бюл. № 6.

Надійшла до редакції 9.11.2014