УДК 621.396.933(045)

[1]**А. Б. Щурова**,
[2]**Г. М. Бабенюк**

АНАЛІЗ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ЕКСТРИМАЛЬНО-НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Національний авіаційний університет, м. Київ, [1]kamilouse@bigmir.net, [2]anitabaly@mail.ru

Дослідження кореляційних методів обробки зображень, алгоритм градієнтного методу і його особливості у візуальних навігаційних системах.
Ключові слова: *кореляційна екстримально-навігаційна система, градієнтний метод.*

Вступ. Кореляційна екстримально-навігаційна система основана на ідеї порівняння поточних карт з тими, які зберігаються в пам'яті і знаходження максимальної відповідності між поточними і шаблонними картами. Навігація в геофізичних полях являється новим поширеним та розвиненим типом навігаційних об'єктів. Відмінна властивість КЕНС - це розробка пам'яті для стандартного зберігання зображення. Стандартна інформація може бути в аналоговому або в цифровому форматі. Аналоговий формат є більш поширеним для оптичних і локальних полів [1].

ADS камера використовується для захоплення зображення. Лінійний сканер ADS камери містить у фокальній площині три ПЗС-лінії, які розміщуються таким чином, що одна з цих ліній утворює ряд з шириною в один піксель і показує напрям переднього виду, друга лінія показує вид надир і третя - зворотній вид.Процес формування зображення може бути описаний за допомогою фоточутливої матриці. Частота дискретизації буде залежати від кількості кадрів в секунду. Вибір частоти дискретизації залежить від спостережуваного процесу та може змінюватися повільно або швидко.

Процес трансформації нескінченних величин в дискретні називається квантуванням. У процесі квантування значення аналогового сигналу порівнюється з пороговим. Якщо значення міститься між двома пороговими рівнями, тоді воно фіксується і описується як фіксований рівень квантування, який відповідає заданому інтервалу. Кількість рівнів квантування дорівнює $L = 2^b$, де b - кількість бітів. Наприклад, в результаті 32-х бітного зображення ми отримаємо 2 у 32 степені модуляції кольору. Чим більше число бітів, тоді точність картинки найбільшс, але такі зображення займають дуже багато місця. Цей параметр також має дуже великий вплив на якість відео, саме тому значення дискретизації і квантування повинні бути дуже ретельно вибрані.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Згідно з вже відомими фактами ми можемо зробити аналіз Кореляційна екстримально-навігаційної системи. На XI міжнародній науково-технічній конференції “АВІА-2013” було розглянуто проблему сучасної авіації, також проведений аналіз кореляційної екстримально-навігаційної системи та різних методів фільтрації зображення. Патент на тему "Комплексна навігаційна система" був опублікований 15.10.2001.

Постановка завдання. Дослідження кореляційних методів обробки зображень, особливо методом візуальної одометрії і градієнтним методом. В цілому існують різні типи кореляційно екстремально-навігаційних систем: кореляційна екстремально-навігаційна система по полю рельєфа, кореляційна екстремально-навігаційна система за допомогою магнітного поля Землі, і візуальна кореляційна екстремально-навігаційна система.

Візуальне поле або оптичне поле поверхні Землі представляє собою сукупність особливих точок, які можуть бути визначені за допомогою деяких методів. Ми пропонуємо використовувати градієнтний метод. Ці точки можуть бути використані для вирішення абсолютної проблеми навігації, за допомогою порівняння поточного зображення з супутниковим.

Вхідна інформація для зображення, яке ми викорстали, являє собою деякий масив даних у відтінках сірого розміром [nxm]. Ми будемо використовувати дане зображення для обробки за допомогою градієнтного методу.Існують також інші методи для виділення особливостей поверхні землі: Метод Канаде-Люссак, SURF метод, SIFT метод і т.д. У навігації одометрія використовує дані про переміщення з пристроїв для оцінки зміни положення. Дані отримані з енкодерів визначають обертання колеса. Але зазвичай одометрія не використовує в роботі нестандартний тип руху. Загалом, візуальна одометрія - це процес прийому інформації, який використовує послідовні зображення з камери робота. За допомогою цієї камери отримують інформацію про пройдену відстань. Візуальна одометрія допомагає поліпшити навігаційну точність роботів будь-якого типу руху і в будь-якій сфері [2].

Вирішення поставленого завдання. У градієнтному методі рух можна оцінити не тільки шляхом порівняння значень яскравості світла. На борту рухомих об'єктів, зображення яких часто

відрізняються один від одного чіткістю фону і є градієнт їх яскравості. У випадку знаходження аналогічного розподілу яскравості і градієнту кольору двох об'єктів, тоді можна оцінити вектори переміщення в точках зображення. Ми також можемо оцінити площину і час розподілу градієнту яскравості зображення. Чим швидше рухається об'єкт, тим більше буде час яскравості градієнта з градієнту тієї ж площини. Порівняння часових і просторових градієнтів дає можливість оцінити вектор руху. Для точки, у якій оцінюється вектор руху вимірюється яскравість двох сусідніх об'єктів, обчислюється різниця в яскравості і визначається час градієнту. Цей процес може бути повторений багато разів до отримання бажаного результату. За своїм характером всі основні оператори різної модифікації диференціального поля. Як ми знаємо при диференціації в області зміни яскравості відбувається відбір, який реєструє дану область. Також відомо, що в процесі диференціації сигналів з незначними відхиленнями відбувається збільшення останнього значення, в результаті чого відношення сигнал/шум зменшується, і негативно впливає на результат. По даній причині є значна кількість різних операторів, які показують різні варіанти диференціації для зменшення негативних результатів диференціації . Як правило, основний оператор відображений у вигляді лінійного фільтра [3-5]. Як приклад ми спостерігаємо оператори диференціації в рядку, стовпці і двох діагональних напрямках відповідно до описаної матриці:

$$\left\|-1,1\right\|,\ \left\|\begin{matrix}-1\\1\end{matrix}\right\|,\ \left\|\begin{matrix}0 & 1\\-1 & 0\end{matrix}\right\|,\ \left\|\begin{matrix}1 & 0\\0 & -1\end{matrix}\right\|. \qquad (1)$$

Але частіше використовуються оператори наступної матриці:

$$\mathbf{A_{P1}}=\left\|\begin{matrix}1 & 1 & 1\\0 & 0 & 0\\-1 & -1 & -1\end{matrix}\right\|,\quad \mathbf{A_{P2}}=\left\|\begin{matrix}1 & 1 & 1\\1 & -2 & 1\\-1 & -1 & -1\end{matrix}\right\| \qquad (2)$$

і оператор Собеля: $\mathbf{A_S}=\left\|\begin{matrix}1 & 2 & 1\\0 & 0 & 0\\-1 & -2 & -1\end{matrix}\right\|.$ (3)

Цей оператор обчислює виділення країв у границях зображення. Але якщо в точці *c* координати $i,\ j$, тоді ми використовуємо оператор Previtt-I. Маємо:

$$\dot{y}_B(i,j)=\left[y(i-1,j-1)-y(i+1,j-1)\right]$$
$$+\left[y(i-1,j)-y(i+1,j)\right]+\left[y(i-1,j+1)-y(i+1,j+1)\right], \qquad (4)$$

Для визначення модуля градієнта використовуємо даний вираз:

$$h(i,j)=\left|\nabla y(i,j)\right|=\sqrt{\left(\frac{\partial y(i,j)}{\partial i}\right)^2+\left(\frac{\partial y(i,j)}{\partial j}\right)^2}. \qquad (5)$$

Кута, який показує напрямок максимальної зміни функції яскравості розраховується за формулою:

$$\Theta(i,j)=\mathrm{arctg}\left[\frac{\partial y(i,j)}{\partial i}\Big/\frac{\partial y(i,j)}{\partial j}\right]. \qquad (6)$$

Широко розповсюджені в практичних проблемах модифікації градієнтного методу. Якщо $\dot{y}_{e_m}(i,j)=\dfrac{\partial y(i,j)}{\partial e_m}$, тоді можемо використовувати такий модуль з максимальним значенням замість градієнта: $\left|\nabla y(i,j)\right|=\max\limits_{m=1,M}.\left|\dot{y}_{e_m}(i,j)\right|.$ (7)

Також ми можемо використовувати інші оператори. Ми можемо визначити загальні умови для цих операторів. Для цієї мети ми представляємо матрицю диференціації в загальній формі:

$$\mathbf{A}=\left\|a_{i,j}\right\|=\left\|\begin{matrix}\mathbf{A} & \mathbf{B} & \mathbf{C}\\\mathbf{D} & \mathbf{E} & \mathbf{F}\\\mathbf{G} & \mathbf{H} & \mathbf{V}\end{matrix}\right\|. \qquad (8)$$

Необхідні умови:

1. Матриця з масивом операторів, яка відповідає горизонтальному і вертикальному напрямку повинна бути еквівалентною одна одній і відрізняються тільки при обертанні її елементів на 90 градусів.

2. Матричні елементи повинні бути симетричними по відношенню до вертикальної осі матриці:

$$\mathbf{A = C, \quad D = F, \quad G = V.} \tag{9}$$

3. Елементи повинні бути розміщені симетрично відносно горизонтальної осі; вони повинні мати протилежні знаки.

$$\mathbf{A = -G, \quad C = -V, \quad B = -H.} \tag{10}$$

4. Похідна тимчасових сигналів повинна дорівнювати 0. Маємо:

$$\mathbf{A + B + C + D + E + F + G + H + V = 0,} \tag{11}$$

$$\mathbf{D + E + F = 0.} \tag{12}$$

При виконанні всіх попередніх умов отримуємо:

$$\mathbf{A} = \begin{Vmatrix} \mathbf{A} & \mathbf{B} & \mathbf{A} \\ \mathbf{D} & \mathbf{-2D} & \mathbf{D} \\ \mathbf{-A} & \mathbf{-B} & \mathbf{-A} \end{Vmatrix}. \tag{13}$$

Вираз впливу матриці оператора на вхідне зображення показує його фрагмент в будь-якому вікні, а також в матричній формі:

$$y = \left\| y_{i,j} \right\| = \begin{Vmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & v \end{Vmatrix}. \tag{14}$$

Маємо:

$$\frac{\partial y(i,j)}{\partial i} = A(a-g) + A(c-v)$$
$$+B(b-h) + D(d-e) + D(f-e). \tag{15}$$

Якщо $D = 0$, тоді отримуємо наступну матрицю:

$$\mathbf{A} = \begin{Vmatrix} \mathbf{A} & \mathbf{B} & \mathbf{A} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{-A} & \mathbf{-B} & \mathbf{-A} \end{Vmatrix}. \tag{16}$$

Основна характеристика для оцінки ефективності оператора - чутливість виміряного градієнта зі значенням зсуву d. Точний індекс визначається за виразом:

$$\beta(d) = h(i,j \mid d) / h(i,j \mid d = 0). \tag{17}$$

Іншою характеристикою у порівнянні операторів є рівень вихідного шуму:

$$\sigma_{+y}^{2} = \sigma^{2} \sum_{i=1}^{3} \sum_{j=1}^{3} a_{i,j}^{2}. \tag{18}$$

Висновки

Ми дослідили градієнтний метод, визначили основну перевагу в порівнянні з іншими методами: здатність давати точні вихідні значення та недолік: неспроможність працювати з нестандартним типом руху. У даній роботі зробили аналіз методу візуальної одометрії, який використовується для виділення особливостей поверхні землі.

Список літературних джерел

1. Баклитский, В. К. 2009. “Кореляційна екстримально-навігаційна система.” Тверь, ТО “Книжковий клуб”. 360 стр.
2. Пратт, В. 1982. “Цифрова обробка зображень.” Москва, Мир. 283 стр.
3. Алпатов, В. А.; Бабьян, П. В.; Балашов, О. Е.; Степашкін, А. И. 2008. “Методи автоматичного виявлення і керівництво об'єктів. Обробка зображень і керування.” Москва, Радіотехніка. 176 стр.
4. Баклитский, В. К, Бокачев, А. М.; Мусяков, М. П. 1986. “Методи фільтрації сигналу в кореляції екстремально-навігаційних систем.” Москва, Радіо і зв'язок. 216 стр.
5. Оппенхейм, А. В.; Шафер, Р. В.; Бук Д. Р. 1999. “Обробка дискретного сигналу.”