

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ  
до білетів з курсу  
“Космічна погода”

1. Фільтр Кальмана — узагальнення лінійної оцінки, яка забезпечує мінімальну середньоквадратичну похибку.
2. Запис процесу Гауса-Маркова  $p$ -го порядку у матричному вигляді.
3. Скалярний фільтр Кальмана. Вивід виразу для мінімальної середньоквадратичної похибки  $M[n|n]$ .
4. Фільтр Кальмана — узагальнення фільтра Вінера.
5. Векторний фільтр Кальмана: векторний стан – скалярні спостереження. Початкові умови для рівнянь векторного фільтра Кальмана.
6. Основні параметри моделі фільтра Гауса-Маркова Schunk’а для збурень в густині іоносфери та похибок вимірювань.
7. Скалярний фільтр Кальмана. Визначення операції фільтрації.
8. Джерела даних для моделі Schunk’а. Дані про емісії в ультрафіолетовому діапазоні в межах прямої видимості.
9. Визначення вектора стану процесу Гауса-Маркова  $p$ -го порядку.
10. Переваги лініарезованої моделі для перерахунків у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери,  $\Phi_{k,k-1}$ , за допомогою процесу Гауса-Маркова.
11. Динамічна модель вимірювань постійної напруги у білому гаусівському шумі.
12. Фільтр Кальмана. Визначення скалярного фільтра Кальмана.
13. Визначення векторної моделі Гауса-Маркова  $p$ -го порядку та її аналіз.
14. Скалярний фільтр Кальмана. Вираз для прогнозу  $\hat{s}[n|n-1]$ .
15. Похибки та репрезентативність вимірювань в моделі Schunk’а.
16. Властивості фільтра Кальмана. Фільтр Кальмана як фільтр, який збуджується послідовністю оновлень.
17. Векторний фільтр Кальмана: векторний стан – скалярні спостереження. Порівняння фільтра Кальмана та послідовної лінійної оцінки, яка забезпечує мінімальну середньоквадратичну похибку.
18. Вираз для повної електронної густини в кожному вузлі в моделі Schunk’а.
19. Властивості усталеного стану векторної моделі Гауса-Маркова.
20. Вираз для перерахунку вектору стану,  $\hat{x}_{k-1}$ , в вектор стану,  $\bar{x}_k$ , у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери та його матриця,  $\Phi_{k,k-1}$ .
21. Небажаність оцінки, яка забезпечує незміщену оцінку з мінімальною дисперсією.
22. Припущення про Гаусівський розподіл похибок та їх некорельованість в моделі Schunk’а.
23. Три рівня узагальнення пари рівнянь: рівняння стану– рівняння спостереження.
24. Модель Гауса-Маркова векторного сигналу як вихід лінійної незмінної у часі системи, яка збуджується векторним входом. Модель з декількома входами та виходами.
25. Скалярний фільтр Кальмана. Вираз для мінімальної середньоквадратичної похибки прогнозу  $M[n|n-1]$ .
26. Векторний фільтр Кальмана: векторний стан – векторні спостереження. Вираз для вибірки  $\mathbf{x}[n]$  в момент часу  $n$ .
27. Властивості фільтра Кальмана. Фільтр Кальмана як фільтр, який генерує на своєму виході послідовністю оновлень, і який в усталеному стані стає спектральним відбілювачем.
28. Складові матриці  $\mathbf{L}$  перерахунків збурень в густині іоносфери за один крок асиміляції у часі: матриця  $\mathbf{L}_1$ , що зміщує збурення у полі густини за кожний крок у магнітній системі координат, що синхронізована з Сонцем, та  $\mathbf{L}_2$  релаксаційна матриця в моделі Schunk’а.
29. Скалярний фільтр Кальмана. Вивід виразу для мінімальної середньоквадратичної похибки прогнозу  $M[n|n-1]$ .
30. Структура матриць похибок,  $\Phi_{k,k-1}$  та  $\mathbf{Q}$ , які використовується для перерахунку матриці других моментів похибок,  $\mathbf{P}_{k-1}$ , у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.
31. Переваги використання географічної системи координат в моделі Schunk’а.
32. Необхідність накладення вимоги про кореляцію між виборками сигналу; позначення  $\theta[n]$ ,  $A[n]$  і  $s[n]$ .
33. Скалярне рівняння стану та скалярне рівняння спостереження.
34. Модель Гауса-Маркова векторного сигналу як вихід лінійної незмінної у часі системи, яка збуджується векторним входом. Еквівалентна векторна модель.
35. Скалярний фільтр Кальмана. Вираз для Кальманівського виграшу  $K[n]$ .

36. Векторний фільтр Кальмана: векторний стан – векторні спостереження. Моделювання спостережень лінійною модел'ю Баєса. Позначення  $\theta[n]$  та  $s[n]$ . Тлумачення елементів моделі.
37. Властивості фільтра Кальмана. Оптимальність фільтра Кальмана у тому, що він мінімізує середньо-квадратичну похибку Баєса кожної оцінки  $\hat{s}[n]$ , та порушення припущення про те, що функція густини ймовірності Гаусівська.
38. Лінійна залежність спостережень та вектора стану фільтра Кальмана в моделі Schunk'a.
39. Властивості фільтра Кальмана. Узагальнення фільтра Кальмана для прогнозу на два кроки.
40. Конкретний вид матриці похибок,  $Q$ , яка використовується для перерахунку матриці других моментів похибок,  $P_{k-1}$ , у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.
41. Вивід рівняння Ляпунова для матриці других моментів усталеного стану векторної моделі Гауса-Маркова.
42. Аналіз залежності матриці похибок,  $Q$ , яка використовується для перерахунку матриці других моментів похибок,  $P_{k-1}$ , у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери, від  $k$  і  $t$ .
43. Скалярний фільтр Кальмана. Вираз для корекції  $\hat{s}[n|n]$ .
44. Векторний фільтр Кальмана: векторний стан – векторні спостереження. Теорема про векторний фільтр Кальмана. Вектор сигналу та вектор шуму.
45. Скалярний процес Гауса-Маркова першого порядку — модель сигналу  $s[n]$ , яка дозволяє враховувати кореляцію між виборками.
46. Корекція повного електронного вмісту на похилих трасах на вклад від плазмосфери та від методичних похибок в моделі Schunk'a.
47. Скалярний фільтр Кальмана. Оцінка  $s[n]$  на основі спостережень  $\{x[0], x[1], \dots, x[n]\}$ ; позначення  $\hat{s}[n|m]$  у скалярному фільтрі Кальмана.
48. Визначення векторної моделі Гауса-Маркова у загальному вигляді — модель стану.
49. Векторний фільтр Кальмана: векторний стан – скалярні спостереження. Вираз для матриці мінімальних середньоквадратичних похибок  $M[n|n]$  та його порівняння з виразом для скалярного стану.
50. Матриця для перерахунку других моментів похибок  $P^{t+1}$  в моделі Schunk'a.
51. Теорема про векторну модель Гауса-Маркова.
52. Сигнал як лінійна функція початкової умови і збуджуючих вхідних шумів.
53. Скалярний фільтр Кальмана. Критерій оптимальної фільтрації — мінімум середньоквадратичної похибки Баєса.
54. Співвідношення між вимірюваннями повного електронного вмісту на похилих трасах і збуреннями електронної концентрації в моделі Schunk'a.
55. Припущення щодо статистичних властивостей параметрів векторної моделі Гауса-Маркова.
56. Скалярний фільтр Кальмана. Вираз для мінімальної середньоквадратичної похибки  $M[n|n]$ .
57. Порівняння фільтрів Кальмана і Вінера. Припущення щодо даних спостережень і шумів у фільтрах Кальмана і Вінера.
58. Значення матриці  $Q$  в фільтрі Гауса-Маркова за наявності та відсутності даних спостережень в моделі Schunk'a.
59. Векторний фільтр Кальмана: векторний стан – векторні спостереження. Теорема про векторний фільтр Кальмана. Вектори спостережень та вектор шуму.
60. Оцінка недиагональних елементів матриці похибок,  $Q$ , яка використовується для перерахунку матриці других моментів похибок,  $P_{k-1}$ , у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.
61. Обчислення математичного сподівання скалярного процесу Гауса-Маркова першого порядку.
62. Моделювання матриці  $Q$ , що показує неточність моделі перерахунків, в фільтрі Гауса-Маркова в моделі Schunk'a.
63. Скалярний фільтр Кальмана. Оцінка  $\hat{s}[n|n]$ , яка забезпечують мінімальну середньоквадратичну похибку, — умовне (апостеріорне) математичне сподівання (середнє значення) апостеріорної функція густини ймовірності.
64. Джерела даних для моделі Schunk'a. Повний електронний вміст, який отримується зі спостережень радіозатемнень між низько- і високо-орбітними супутниками.
65. Два функціонально незалежних джерела постійної напруги. Вивід виразу для векторного параметру  $s[n]$ , оцінку якого потрібно зробити.

66. Векторний фільтр Кальмана: векторний стан – векторні спостереження. Теорема про векторний фільтр Кальмана. Оцінка  $\hat{s}[n|n]$ , яка забезпечує мінімальну середньоквадратичну похибку. Визначення.
67. Співвідношення між вимірюваннями ультрафіолетового випромінювання стовпа іоносфери і збуреннями електронної концентрації в моделі Schunk'a.
68. Блок-схема фільтра Кальмана у разі скалярного стану і скалярного спостереження та його зв'язок з динамічною модел'ю; аналіз блок-схеми.
69. Векторний фільтр Кальмана. Модель стану — векторна модель Гауса-Маркова.
70. Вираз для обчислення вектора оновлень,  $y_k$ , у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.
71. Обчислення других моментів скалярного процесу Гауса-Маркова першого порядку.
72. Рівняння спостережень та матриця спостережень,  $H_k$ , у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.
73. Скалярний фільтр Кальмана. Вираз для оцінки  $\hat{s}[n|n]$  через матриці других моментів  $C_{\theta}$  та  $C_{xx}$ .
74. Джерела даних для моделі іоносфери, що використовує вимірювання її довільних параметрів.
75. Векторний фільтр Кальмана: векторний стан – векторні спостереження. Теорема про векторний фільтр Кальмана. Обчислення прогнозу  $\hat{s}[n|n-1]$ .
76. Характеристика узагальненого фільтра Кальмана для оцінювання стану складу термосфери.
77. Узагальнення фільтра Кальмана на випадок, коли математичного сподівання початкового значення не дорівнює нулю.
78. Векторний фільтр Кальмана: векторний стан – скалярні спостереження, які описуються лінійною модел'ю Баєса, та припущення про діагональність матриці других моментів шуму.
79. Два функціонально незалежних джерела постійної напруги. Вивід матриці  $Q$  других моментів шуму.
80. Конкретний вид лініарезованого моделі для перерахунків у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери,  $\Phi_{k,k-1}$ , за допомогою процесу Гауса-Маркова.
81. Дисперсія скалярного процесу Гауса-Маркова першого порядку.
82. Джерела даних для моделі Schunk'a. Густина електронів за вимірюваннями на штучних супутниках.
83. Векторний фільтр Кальмана: векторний стан – векторні спостереження. Теорема про векторний фільтр Кальмана. Обчислення матриці мінімальних середньоквадратичних похибок прогнозу  $M[n|n-1]$ .
84. Початкова умова для вектора стану,  $\hat{x}_{k-1}$ , фільтра Кальмана для оцінювання складу термосфери.
85. Властивості фільтра Кальмана. Фільтр Кальмана — узагальнення послідовної оцінки, яка забезпечує мінімальну середньоквадратичну похибку, на випадок, коли невідомий параметр змінюється у часі згідно з динамічною моделлю.
86. Векторний фільтр Кальмана: векторний стан – скалярні спостереження. Вираз для вибірки  $x[n]$  в момент часу  $n$  — рівняння спостереження або рівняння вимірювань.
87. Два функціонально незалежних джерела постійної напруги. Визначення стану системи  $s[-1]$ .
88. Модель фонові іоносфери в фільтрі Кальмана — глобальна модель іоносфери, яка основана на п'ятимоментних рівняннях в моделі Schunk'a.
89. Скалярний фільтр Кальмана. Вираз для оцінки  $\hat{s}[n|n]$ , який можна було б отримати з принципу ортогональності за умови, що дані спостережень не корельовані.
90. Вираз для обчислення виграшу Кальмана,  $K_k$ , у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.
91. Аналіз скалярного процесу Гауса-Маркова першого порядку на нескінченності (математичне сподівання, другий момент та його зв'язок з АКФ).
92. Перелік іонів, які враховуються в глобальній моделі іоносфери, яка основана на п'ятимоментних рівняннях в моделі Schunk'a.
93. Векторний фільтр Кальмана: векторний стан – скалярні спостереження. Вираз для прогнозу  $\hat{s}[n|n-1]$  та його порівняння з виразом для скалярного стану.
94. Скалярний фільтр Кальмана. Властивості оцінки, яка забезпечує мінімальну середньоквадратичну похибку, що використовуються в геометричному виводі виразу для корекції старої оцінки  $\hat{s}[n|n-1]$  за рахунок спостереження  $x[n]$ .

95. Характеристика матриці других моментів,  $P_{k-1}$ , похибок у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.
96. Властивості фільтра Кальмана. Скалярний фільтр Кальмана і обчислення зворотної матриці.
97. Джерела даних для моделі Schunk'a. Профілі наземних іонозондів.
98. Вивід у явному вигляді виразу для сигналу у векторній моделі Гауса-Маркова та його аналіз.
99. Векторний фільтр Кальмана: векторний стан – векторні спостереження. Теорема про векторний фільтр Кальмана. Обчислення матриці Кальманівського виграшу.
100. Аналіз складових матриці других моментів похибок вимірювань,  $R_k$ , у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.
101. Вивід виразу для математичного сподівання та дисперсії процесу Гауса-Маркова першого порядку у рекурентному вигляді.
102. Векторний фільтр Кальмана: векторний стан – векторні спостереження. Теорема про векторний фільтр Кальмана. Обчислення корекції  $\hat{s}[n|n]$ .
103. Процеси, які враховуються в глобальній моделі іоносфери, яка основана на п'ятимоментних рівняннях в моделі Schunk'a.
104. Скалярний фільтр Кальмана. Вивід виразу для корекції  $\hat{s}[n|n]$ .
105. Вираз для корекції вектору стану, який отримано за модел'ю,  $\bar{x}_k$ , з допомогою вектора оновлень,  $u_k$ , у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.
106. Векторний фільтр Кальмана: векторний стан – скалярні спостереження. Вираз для матриці мінімальних середньоквадратичних похибок прогнозу  $M[n|n-1]$  та його порівняння з виразом для скалярного стану.
107. Вивід у явному вигляді виразу для математичного сподівання у векторній моделі Гауса-Маркова.
108. Джерела даних для моделі Schunk'a. Повний електронний вміст на похилих трасах між декількома тисячами наземних станцій та GPS супутниками.
109. Властивості фільтра Кальмана. Фільтр Кальмана — це лінійний фільтр, який змінюється з часом.
110. Моделі для матриці,  $\Phi_{k,k-1}$ , яка використовується для перерахунку оціненого стану,  $\hat{x}_{k-1}$ , та матриці других моментів похибок,  $P_{k-1}$ , у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.
111. Вивід у явному вигляді виразу для матриці других моментів у векторній моделі Гауса-Маркова.
112. Скалярний фільтр Кальмана. Вивід виразу для прогнозу  $\hat{s}[n|n-1]$ .
113. Вхідні дані до глобальної моделі іоносфери, яка основана на п'ятимоментних рівняннях, в фільтрі Кальмана в моделі Schunk'a.
114. Векторний фільтр Кальмана: векторний стан – векторні спостереження. Теорема про векторний фільтр Кальмана. Обчислення матриці мінімальних середньоквадратичних похибок прогнозу  $M[n|n]$ .
115. Джерела даних для моделі Schunk'a. Повний електронний вміст між низькоорбітними супутниками з радіомаяками та декількома наземними ланцюжками радіоприймачів.
116. Вираз для перерахунку стану,  $\hat{x}_{k-1}$ , від часу,  $k-1$ , коли він був останній раз оцінений, до часу наступного вимірювання,  $k$ , у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.
117. Векторний фільтр Кальмана: векторний стан – скалярні спостереження. Вираз для Кальманівського виграшу  $K[n]$  та його порівняння з виразом для скалярного стану.
118. Аналіз ролі складових дисперсії процесу Гауса-Маркова першого порядку.
119. Властивості фільтра Кальмана. Самооцінка середньо-квадратичної похибки фільтром Кальмана.
120. Вираз для корекції матриці других моментів похибок,  $P_k$ , з допомогою виграшу Кальмана,  $K_k$ , у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.
121. Векторний фільтр Кальмана: векторний стан – векторні спостереження. Теорема про векторний фільтр Кальмана. Початкові умови для рекурентних обчислень у векторному фільтрі Кальмана.
122. Порівняння результатів отриманих з допомогою фільтра Кальмана та без фільтрації для оцінювання складу термосфери.
123. Визначення процесу Гауса-Маркова  $p$ -го порядку у вигляді, подібному процесові авторегресії  $p$ -го порядку.
124. Скалярний фільтр Кальмана. Вивід виразу для Кальманівського виграшу  $K[n]$ .

125. Порівняння фільтрів Кальмана і Вінера. Вивід усталеного рівняння Рікатті для мінімальної середньоквадратичної похибки  $M[\infty]$  та його числове рішення.
126. Векторний фільтр Кальмана: векторний стан – скалярні спостереження. Вираз для корекції  $\hat{s}[n|n]$  та його порівняння з виразом для скалярного стану.
127. Джерела даних для моделі Schunk'a. Повний електронний вміст, який отримується зі спостережень радіозатемнень між різними низькоорбітними супутниками.
128. Вирази для математичного сподівання та дисперсії векторного процесу Гауса-Маркова першого порядку у рекурентному вигляді.
129. Властивості фільтра Кальмана. Внески етапу прогнозу та етапу корекції до величини середньо-квадратичної похибки.
130. Вираз для перерахунку матриці других моментів похибок,  $P_{k-1}$ , від часу,  $k-1$ , коли вона була останній раз оцінена, до часу наступного вимірювання,  $k$ , у фільтрі Кальмана для оцінювання складу термосфери.
- 131.