

МІЖРЕГІОНАЛЬНА
АКАДЕМІЯ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ



МАУП

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА
дисципліни
“ВИПАДКОВІ ПРОЦЕСИ”
(для бакалаврів)

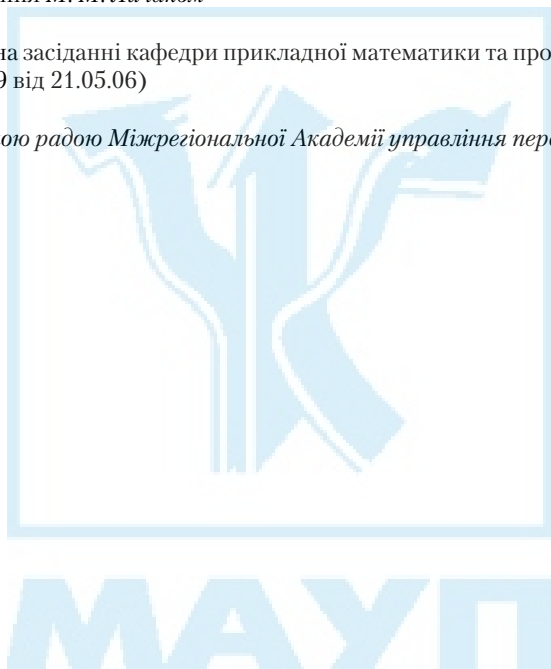
МАУП

Київ 2006

Підготовлено професором кафедри прикладної математики
та програмування *М. М. Личаком*

Затверджено на засіданні кафедри прикладної математики та програмування
(протокол № 9 від 21.05.06)

Схвалено Вченою радою Міжрегіональної Академії управління персоналом



Личак М. М. Навчальна програма дисципліни “Випадкові процеси” (для бакалаврів). — К.: МАУП, 2006. — 18 с.

Навчальна програма містить пояснювальну записку, тематичний план, зміст дисципліни “Випадкові процеси”, питання і завдання для самоконтролю, а також список літератури.

© Міжрегіональна Академія
управління персоналом (МАУП),
2006

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Метою вивчення курсу “Випадкові процеси” є засвоєння такої математичної моделі невизначеності, як випадкові процеси, їх опису та теоретичних методів аналізу, в тому числі, на основі множинного підходу, а також алгоритмів їх моделювання для проведення комп’ютерного експерименту.

У курсі вивчаються основні моделі процесів з дискретним и неперервним часом як відображення непередбачуваних подій, що розвиваються за часом, обґрунтовуються характеристики таких процесів, в тому числі й інтервальні, їх аналіз за часом і частотний, а також оптимальне оцінювання і фільтрація.

Дисципліна базується на курсах теорії ймовірностей, теорії множин, теорії диференціальних і різницевих рівнянь, математичного та функціонального аналізу і є базовою для курсів додаткових розділів теорії ймовірностей і математичної статистики, математичного моделювання, методів оптимізації та теорії управління.

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН дисципліни “ВИПАДКОВІ ПРОЦЕСИ”

№ пор.	Назва змістового модуля і теми
1	2
	Змістовий модуль I. Характеристики послідовностей хаотичних і випадкових подій
1	Хаотичні та випадкові події та їх послідовності
2	Векторні послідовності та їх характеристики
3	Моделювання та дослідження числових хаотичних послідовностей і використання знання про їх характеристики для оцінювання невідомих параметрів
	Змістовий модуль II. Хаотичні та випадкові процеси, їх типи і характеристики
4	Дискретні та неперервні хаотичні і випадкові процеси, їх характеристики за часом
5	Частотні характеристики хаотичних і випадкових процесів

1	2
6	Телеграфний сигнал, білий шум, гаусовий та марківські процеси, дискретизація за часом і квантування за рівнем неперервного процесу
7	Змістовий модуль III. Оптимальне оцінювання і фільтрація на основі “зашумлених” даних Синтез оптимального фільтра на основі інтервальних характеристик
8	Фільтр Вінера – Колмогорова
9	Фільтр Калмана – Бюсі
Разом годин: 108	

ЗМІСТ
дисципліни
“ВИПАДКОВІ ПРОЦЕСИ”

Змістовий модуль I. Характеристики послідовностей хаотичних і випадкових подій

Тема 1. Хаотичні та випадкові події та їх послідовності

Множинний підхід до побудови адекватних математичних моделей невизначеності з використанням теорії множин. Поняття хаотичних подій та їх послідовностей та їх власні інтервальні характеристики на основі множинного підходу. Інтервальні функції розподілу та інтервальні функції частот послідовності хаотичних подій.

Послідовності числових хаотичних подій і множинні оцінки значень. Інтервальні моменти та інтервальна автокореляційна функція числової хаотичної послідовності.

Поняття випадкових подій та їх послідовностей та їх власні характеристики (функція розподілу числових випадкових подій і густина їх розподілу). Математичне сподівання, автокореляційна функція та дисперсія послідовності числових випадкових подій.

Інтервальні характеристики послідовностей квантованих за рівнем хаотичних подій та характеристики відповідних послідовностей випадкових подій.

Література [1; 3; 5–7]

Тема 2. Векторні послідовності та їх характеристики

Взаємні інтервальні характеристики хаотичних подій. Взаємна функція розподілу та двовірна густина розподілу двох числових випадкових подій. Взаємна кореляційна функція та взаємна дисперсія двох числових випадкових послідовностей.

Взаємна кореляційна функція та взаємна дисперсія двох послідовностей, квантованих за рівнем хаотичних подій, характеристики відповідних послідовностей випадкових подій.

Незалежність двох хаотичних чи випадкових послідовностей.

Література [1–7]

Тема 3. Моделювання та дослідження числових хаотичних послідовностей і використання знання про їх характеристики для оцінювання невідомих параметрів

Формування різних типів числових хаотичних послідовностей. Оцінювання інтервальних функцій розподілу та інтервальних функцій частот послідовностей хаотичних подій. Метод гістограм побудови функцій розподілу та густини розподілу послідовності випадкових подій. Проблеми врахування характеристик шумів вимірювань як хаотичних послідовностей для оцінювання невідомого вимірюваного значення.

Література [1; 3; 7; 10; 12]

Змістовий модуль II. Хаотичні та випадкові процеси, їх типи і характеристики

Тема 4. Дискретні та неперервні хаотичні і випадкові процеси, їх характеристики за часом

Дискретні та неперервні хаотичні і випадкові процеси. Стационарні і нестационарні процеси, строго стационарні та циклічні нестационарні процеси. Інтервальні функції розподілу та інтервальні функції частот значень обмеженого неперервного хаотичного процесу. Одномірні функції розподілу та густини ймовірностей неперервного випадкового процесу.

Множинні оцінки значень неперервного хаотичного процесу, його інтервальні моменти та інтервальні автокореляційна і автоковаріаційна функції. Математичне сподівання, дисперсія, середньоквадра-

тичне відхилення, автокореляційна і автоковаріаційна функції неперервного випадкового процесу.

Інтервальні взаємні функції розподілу та частот значень двовимірного (векторного) неперервного хаотичного процесу. Двовимірні функції розподілу та густини значень векторного неперервного випадкового процесу.

Множинні оцінки взаємної кореляції двох неперервних хаотичних процесів, а також їх інтервальна взаємна дисперсія. Взаємні кореляційні і коваріаційні функції, взаємні дисперсії двох неперервних випадкових процесів.

Незалежність двох неперервних хаотичних або випадкових процесів.

Література [4–7]

Тема 5. Частотні характеристики хаотичних і випадкових процесів

Канонічне представлення хаотичних і випадкових процесів. Перетворення Фур'є неперервного процесу на скінченному інтервалі часу, рівність Парсеваля. Спектри потужності неперервних процесів, теорема Вінера — Хінчина.

Спектри коваріаційних функцій, ефективна ширина спектра потужності, співвідношення невизначеності між ефективною шириною спектра і ефективним інтервалом коваріації.

Взаємні спектральні функції, функція та коефіцієнт когерентності у спектральній області.

Перетворення спектральних характеристик неперервних процесів при лінійних перетвореннях з ними, рівняння Вінера — Хопфа.

Література [6; 7; 9–11]

Тема 6. Телеграфний сигнал, білий шум, гаусовий та марківські процеси, дискретизація за часом і квантування за рівнем неперервного процесу

Телеграфний сигнал, білий шум, гаусовий процес. Марківські процеси, рівняння Смолуховського, рівняння Маркова, рівняння Ейнштейна — Фоккера (друге рівняння Колмогорова), перше рівняння Колмогорова.

Дискретизація за часом неперервного процесу, теорема Котельникова, ряд Котельникова для періодичного неперервного процесу,

умова спостережуваності і керованості неперервної лінійної динамічної системи при дискретному вимірюванні вихідного процесу та дискретному управлінні вхідним процесом.

Література [9–11]

Змістовий модуль III. Оптимальне оцінювання і фільтрація на основі “зашумлених” даних

Тема 7. Синтез оптимального фільтра на основі інтервальних характеристик

Постановка задачі оптимальної фільтрації на основі множинного підходу. Отримання гарантованих багатограничних множинних оцінок невідомих параметрів інформативного сигналу при адитивному шумі дискретних вимірювань, який може бути представлений як стаціонарний хаотичний процес з відомими характеристиками. Проблема вибору кількості невідомих параметрів при представленні інформативного сигналу у вигляді розкладу в ряд за відомими базовими функціями часу, але з невідомими коефіцієнтами (параметрами) цього ряду.

Отримання непокреслених гарантованих інтервальних зовнішніх оцінок невідомих параметрів інформативного сигналу за допомогою ітеративного методу вирішення відповідних задач лінійного програмування та наближених “точкових” оцінок параметрів на основі модифікованого “методу найменших квадратів” (МНК).

Розгляд можливостей врахування мультиплікативного шуму вимірювань у загальному випадку, множинний розв’язок системи лінійних алгебраїчних рівнянь з невідомими коефіцієнтами та правими частинами.

Оцінювання параметрів нестационарного циклічного процесу, зокрема періоду циклів.

Література [12–16]

Тема 8. Фільтр Вінера – Колмогорова

Постановка задачі оптимальної фільтрації для стаціонарних центрованих дискретних багатомірних процесів з відомими спектральними характеристиками. Синтез оптимального фільтра в частотній області та інтерпретація його роботи.

Література [6–8]

Тема 9. Фільтр Калмана – Бюсі

Постановка задачі оптимальної фільтрації для нестационарного дискретного багатовимірного адитивного шуму вимірювань з відомою матрицею коваріації, яка може змінюватись за часом, але при цьому залишається не виродженою. Канонічна форма оптимального фільтра.

Література [6–8]

ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Яка головна властивість елементів упорядкованої множини?
2. Наведіть приклад побудови алгоритму комп'ютерного генерування обмеженої послідовності чисел, що належать інтервалу $[x_{\min}; x_{\max}]$, де x_{\min} та x_{\max} — задані числа, на основі комп'ютерного датчика рівномірно розподілених чисел на інтервалі $[0; 1]$.
3. Дайте означення інтервального числа, інтервальної функції.
4. Роз'ясніть на вербальному рівні поняття інтервального (множинного) аналізу.
5. Дайте означення одномірної інтервальної функції розподілу послідовності хаотичних подій та однозначної одномірної функції розподілу послідовності випадкових подій.
6. Які хаотичні події та їх послідовності можна називати випадковими з однозначною одномірною функцією їх розподілу?
7. Дайте означення одномірної інтервальної функції частот послідовності хаотичних подій та однозначної одномірної функції частот послідовності випадкових подій.
8. Що називають одномірною густиною розподілу послідовності числових випадкових подій та як вона пов'язана з одномірними інтервальною функцією частот їх розподілу та функцією розподілу послідовності випадкових подій?
9. Випишіть систему нерівностей, що виділяє множинні оцінки значень членів хаотичної послідовності на інтервалі заданої ширини в будь-якому місці цієї послідовності.
10. Запишіть формули зв'язку між інтервальною функцією обмежень на середньоарифметичне значення членів хаотичної послідовності на заданому інтервалі часу та одномірною інтервальною функцією розподілу членів даної послідовності.
11. Що називають математичним сподіванням випадкової послідовності та як воно пов'язане з одномірною інтервальною функцією

- обмежень на середньоарифметичне значення членів хаотичної послідовності на заданому інтервалі часу?
12. Дайте означення двовимірної інтервальної функції розподілу послідовності хаотичних подій та однозначної двовимірної функції розподілу послідовності випадкових подій.
 13. Дайте означення двовимірної інтервальної функції частот послідовності хаотичних подій та однозначної двовимірної функції частот послідовності випадкових подій.
 14. Що називають двовимірною густиною розподілу послідовності числових випадкових подій та як вона пов'язана з двовимірними функцією частот їх розподілу та функцією розподілу послідовності випадкових подій?
 15. Дайте означення інтервальної автокореляційної функції послідовності хаотичних подій.
 16. Запишіть формули зв'язку між інтервальною автокореляційною функцією послідовності хаотичних подій та двовимірною інтервальною функцією розподілу членів даної послідовності.
 17. Запишіть формули зв'язку між інтервальною автокореляційною функцією послідовності хаотичних подій та автокореляційною функцією послідовністю випадкових подій.
 18. Дайте означення інтервальної дисперсії хаотичної послідовності чисел та дисперсії і середньоквадратичного відхилення для випадкової їх послідовності.
 19. Роз'ясніть на вербальному рівні поняття квантованих за рівнем послідовностей чисел.
 20. Чим відрізняються відповідні характеристики квантованих за рівнем обмежених послідовностей чисел від аналогічних характеристик для послідовностей чисел у тих само межах, але для яких відсутнє таке квантування чисел — членів даної послідовності?
 21. Роз'ясніть поняття вектора обмежених хаотичних послідовностей та запишіть відповідну матрицю значень для випадку числових подій.
 22. Дайте означення взаємної інтервальної функції розподілу двох послідовності хаотичних подій та однозначної взаємної функції розподілу двох послідовності випадкових подій.
 23. Дайте означення взаємної інтервальної функції частот двох послідовності хаотичних подій та однозначної взаємної функції частот двох послідовності випадкових подій.

24. Що називають взаємною густиною розподілу двох числових послідовностей випадкових подій та як вона пов'язана із взаємною інтервальною функцією частот їх розподілу та взаємною функцією розподілу послідовності випадкових подій?
25. Дайте означення інтервальної взаємкореляційної функції двох послідовностей хаотичних подій.
26. Запишіть формули зв'язку між інтервальною взаємкореляційною функцією двох послідовностей хаотичних подій та взаємкореляційною функцією двох послідовностей випадкових подій.
27. Дайте означення інтервальної взаємної дисперсії двох хаотичних послідовностей чисел та взаємної дисперсії для випадкових їх послідовностей.
28. Що ви знаєте про характеристики взаємозв'язку двох квантованих за рівнем обмежених послідовностей чисел і в чому їх відмінність від аналогічних характеристик для двох аналогічних послідовностей чисел у тих само межах, але для яких відсутнє таке квантування чисел — членів даних послідовностей?
29. Дайте означення поняття незалежності двох випадкових послідовностей чисел, а також зробіть порівняльний аналіз з подібним явищем для випадку інтервальних взаємних характеристик двох хаотичних послідовностей чисел.
30. Назвіть приклади складних нелінійних динамічних фізичних систем чи їх комп'ютерних моделей, в яких виникає режим хаотичних коливань, а також можливі причини існування такого режиму.
31. Роз'ясніть на вербальному рівні метод оцінювання інтервальних функцій розподілу та інтервальних функцій частот на основі експериментальних даних реалізацій хаотичних послідовностей.
32. Порівняйте метод оцінювання інтервальних характеристик хаотичних послідовностей на основі експериментальних даних з методом гістограм побудови функцій розподілу та густини розподілу для випадкових послідовностей.
33. Як можна використати інтервальні оцінки значень шумів вимірювань для оцінювання невідомого вимірюваного значення?
34. Дайте означення дискретного та неперервного хаотичного і випадкового процесів.
35. Дайте означення стаціонарного, строго стаціонарного і нестаціонарного процесів.

36. Роз'ясніть на вербальному рівні поняття циклічних нестационарних процесів.
37. Дайте означення одновимірної інтервальної функції розподілу значень неперервного хаотичного процесу та однозначної одновимірної функції розподілу значень неперервного випадкового процесу.
38. Які неперервні хаотичні процеси можна називати випадковими з однозначною одновимірною функцією розподілу їх значень?
39. Що називають одновимірною густиною розподілу значень за часом числового випадкового процесу та як вона пов'язана з одновимірною інтервальною функцією частот їх розподілу та функцією розподілу значень даного неперервного випадкового процесу?
40. Запишіть інтегральну нерівність, що виділяє множину оцінку значень неперервного хаотичного процесу на інтервалі часу заданої ширини в будь-якому місці цього процесу.
41. Запишіть формули зв'язку між одновимірною інтервальною функцією обмежень на середньоінтегральне значення неперервного хаотичного процесу на заданому інтервалі часу та одновимірною інтервальною функцією розподілу значень неперервного випадкового процесу.
42. Що називають математичним сподіванням неперервного випадкового процесу та як воно пов'язане з одновимірною інтервальною функцією обмежень на середньоінтегральне значення неперервного хаотичного процесу на заданому інтервалі часу?
43. Дайте означення двовимірної інтервальної функції розподілу значень неперервного хаотичного процесу та однозначної двовимірної функції розподілу значень неперервного випадкового процесу.
44. Що називають двовимірною густиною розподілу значень неперервного випадкового процесу та як вона пов'язана з двовимірними функцією частот їх розподілу та двовимірної функції розподілу значень неперервного випадкового процесу?
45. Дайте означення інтервальних автокореляційної і автоковаріаційної функцій неперервного хаотичного процесу.
46. Запишіть формули зв'язку між інтервальною автокореляційною функцією неперервного хаотичного процесу та двовимірною інтервальною функцією розподілу значень цього процесу.
47. Дайте означення інтервальної дисперсії неперервного хаотичного процесу та дисперсії і середньоквадратичного відхилення для неперервного випадкового процесу.

48. Дайте означення взаємної інтервальної функції розподілу двох неперервних хаотичних процесів та однозначної взаємної функції розподілу двох неперервних випадкових процесів.
49. Дайте означення взаємної інтервальної функції частот двох неперервних хаотичних процесів та однозначної взаємної функції частот двох неперервних випадкових процесів.
50. Що називають взаємною густиною розподілу значень двох неперервних випадкових процесів і як вона пов'язана із взаємною інтервальною функцією частот їх розподілу та взаємною функцією розподілу значень двох неперервних випадкових процесів?
51. Дайте означення інтервальної взаємкореляційної функції двох неперервних хаотичних процесів.
52. Запишіть формули зв'язку між інтервальною взаємкореляційною функцією двох неперервних хаотичних процесів і взаємкореляційною функцією двох неперервних випадкових процесів.
53. Дайте означення інтервальної взаємної дисперсії двох неперервних хаотичних процесів і взаємної дисперсії для двох неперервних випадкових процесів.
54. Дайте означення поняття незалежності двох неперервних випадкових процесів, а також зробіть порівняльний аналіз з подібним явищем для випадку інтервальних взаємних характеристик двох неперервних хаотичних процесів.
55. Випишіть і поясніть формули канонічного представлення хаотичних або випадкових процесів.
56. Запишіть вираз для перетворення неперервного процесу Фур'є на скінченному інтервалі та рівність Парсеваля.
57. Що таке спектри потужності неперервних стаціонарних процесів?
58. Сформулюйте теорему Вінера — Хінчина і запишіть її суть через відповідні формули.
59. Що таке спектр коваріаційної функції неперервного стаціонарного процесу та ефективна ширина спектра його потужності?
60. Запишіть співвідношення невизначеності, що пов'язує ефективну ширину спектра потужності з ефективним інтервалом коваріації неперервного стаціонарного процесу.
61. Дайте означення взаємної спектральної функції двох неперервних стаціонарних процесів.
62. Запишіть вираз для функції когерентності у спектральній області для двох неперервних стаціонарних процесів.

63. Дайте означення коефіцієнта когерентності двох неперервних стаціонарних процесів через їх дискретні значення за часом.
64. Запишіть вирази для спектральних характеристик результуючого неперервного процесу при лінійних перетвореннях одного або двох неперервних стаціонарних процесів.
65. Випишіть рівняння Вінера — Хопфа для спектральних характеристик неперервного стаціонарного процесу на вході та виході лінійного динамічного об'єкта.
66. Дайте означення телеграфного сигналу, білого шуму та гаусового процесу.
67. Роз'ясніть на вербальному рівні поняття неперервних та дискретних харківських процесів.
68. Запишіть рівняння Смолуховського для неперервного Марковського процесу.
69. Запишіть рівняння Маркова для дискретного Марковського процесу.
70. Запишіть рівняння Ейнштейна — Фоккера (друге рівняння Колмогорова).
71. Запишіть перше рівняння Колмогорова.
72. Сформулюйте теорему Котельникова.
73. Випишіть ряд Котельникова для періодичного неперервного процесу.
74. Сформулюйте і запишіть умову спостережуваності неперервної лінійної динамічної системи при дискретному вимірюванні вихідного процесу.
75. Сформулюйте і запишіть умову керованості неперервної лінійної динамічної системи при дискретному вимірюванні вихідного процесу та дискретному управлінні вхідним процесом.
76. Як ставиться задача оптимальної фільтрації на основі множинного підходу?
77. Випишіть систему лінійних нерівностей, що виокремлює гарантовану багатогранну множину оцінку невідомих параметрів інформативного сигналу при адитивному шумі дискретних вимірювань, який може бути представлений як стаціонарний хаотичний процес з відомими характеристиками.
78. У чому проблема вибору кількості невідомих параметрів при представленні інформативного сигналу у вигляді розкладу в ряд за відомими базовими функціями часу, але з невідомими коефіцієнтами (параметрами) цього ряду?

79. Як можна отримати непокращувані гарантовані інтервальні зовнішні оцінки невідомих коефіцієнтів (параметрів) розкладу в ряд інформативного сигналу за відомими базовими функціями часу?
80. Сутність модифікації МНК для отримання наближених “точкових” оцінок параметрів розкладу в ряд інформативного сигналу?
81. Дайте визначення множинного розв'язку системи лінійних алгебраїчних рівнянь з невідомими коефіцієнтами та правими частинами.
82. Як можна врахувати мультиплікативний шум вимірювань в задачі оптимальної фільтрації на основі множинного підходу?
83. Сформулюйте задачу побудови лінійного стаціонарного фільтра при дискретному за часом вимірюванні для отримання оптимальної оцінки корисного сигналу як векторного стаціонарного випадкового процесу з відомими спектральними характеристиками при аналогічному адитивному шумі вимірювань.
84. Запишіть дискретний варіант векторно-матричного рівняння Вінера — Хопфа.
85. Що таке факторизація матричної функції?
86. Що таке сепарація матричної функції?
87. Запишіть передаточну функцію оптимального фільтра Вінера — Колмогорова.
88. Сформулюйте задачу побудови лінійного нестаціонарного фільтра при дискретному за часом вимірюванні для отримання оптимальної оцінки корисного сигналу як векторного нестаціонарного випадкового процесу, що породжується лінійним нестаціонарним різницевим рівнянням із білошумного процесу із заданою нестаціонарною коваріаційною матрицею і підлягає лінійному нестаціонарному перетворенню та адитивному зашумленню аналогічним білошумним процесом.
89. Запишіть нестаціонарний варіант векторно-матричного рівняння Вінера — Хопфа.
90. Запишіть різницеві рівняння, що описують оптимальний фільтр Калмана — Бюсі.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

Основна

1. *Лычак М. М.* Элементы теории хаотичностей и ее применения // Проблемы управления и информатики. — 2002. — № 5. — С. 52–63.
2. *Колмогоров А. Н.* Основные понятия теории вероятностей. — М.: Наука. — 1974. — 120 с.
3. *Чистяков В. П.* Курс теории вероятностей. — М.: Наука, 1978. — 224 с.
4. *Лычак М. М.* Хаотические непрерывные процессы и их интервальные характеристики // Проблемы управления и информатики. — 2004. — № 3. — С. 82–96.
5. *Лычак М. М.* Интервальные характеристики хаотических последовательностей // Кибернетика и системный анализ. — 2004. — № 5. — С. 58–71.
6. *Вентцель Е. С., Овчаров Л. А.* Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. — М.: Высш. шк., 2001. — 382 с.
7. *Миллер Б. М., Панков А. Р.* Теория случайных процессов в примерах и задачах. — М.: Физматлит, 2002. — 320 с.
8. *Фомин В. Н.* Рекуррентное оценивание и адаптивная фильтрация. — М.: Наука, 1984. — 288 с.
9. *Рытов С. М.* Введение в статистическую радиофизику. — М.: Наука, 1966. — 404 с.
10. *Сергиенко А. Б.* Цифровая обработка сигналов. — СПб.: Питер, 2003. — 608 с.
11. *Солодов А. В.* Теория информации и ее применение к задачам автоматического управления и контроля. — М.: Наука, 1967. — 432 с.
12. *Лычак М. М.* Интервальные функции распределения и скользящего среднего возмущений как основа множественного оценивания // Сб. расширенных тезисов докладов, представленных на Всероссийском (с международным участием) совещании по интервальному анализу и его приложениям ИНТЕРВАЛ-06 (1–4 июля 2006 г., Петергоф, Россия). — СПб.: ВВМ, 2006. — С. 78–82.
13. *Лычак М. М.* Решение систем линейных алгебраических уравнений с неточно заданными параметрами // Сб. расширенных тезисов докладов, представленных на Всероссийском (с международным участием) совещании по интервальному анализу и его

- приложениям ИНТЕРВАЛ-06 (1–4 июля 2006 г., Петергоф, Россия). — СПб.: ВВМ, 2006. — С. 83–86.
14. *Лычак М. М.* О решении задачи структурной параметрической идентификации (дискретной аппроксимации) в условиях неопределенности // Автоматика. — 1990. — № 6. — С. 72–77.
 15. *Лычак М. М., Шевченко В. М., Царук Н. П.* Решение задачи линейного программирования на основе множественного подхода. // Проблемы управления и информатики. — 2005. — № 4. — С. 103–111.
 16. *Лычак М. М.* Анализ циклических процессов солнечной активности // Проблемы управления и информатики. — 2006. — № 1–2. — С. 248–259.

Додаткова

17. *Бендат Дж., Пирсол А.* Прикладной анализ случайных данных. — М.: Мир, 1989. — 540 с.
18. *Лычак М. М.* Альтернативна модель невизначеності — інтервальні характеристики хаотичних процесів // Зб. пр. Міжнар. семінару з індуктивного моделювання. — К.: МННЦ ITiC, 2005. — С. 197–206.
19. *Розанов Ю. А.* Теория вероятностей, случайные процессы и математическая статистика. — М.: Наука, 1985. — 468 с.
20. *Гмурман В. Е.* Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Высш. шк., 1982. — 368 с.
21. *Гихман И. И., Скороход А. В., Ядренко М. И.* Теория вероятностей и математическая статистика. — 2-е изд., перераб. и доп. — К.: Выща шк., 1988. — 487 с.
22. *Лычак М. М.* Обобщенная дисперсионная функция случайных возмущений и множественные оценки значений шумов // Автоматика. — 1987. — № 1. — С. 31–36.
23. *Лычак М. М.* Множественная модель неопределенного процесса и ее использование для обработки результатов измерений // Проблемы управления и информатики. — 1996. — № 1–2. — С. 184–191.
24. *Лычак М. М.* Множественная фильтрация // Проблемы управления и информатики. — 1996. — № 5. — С. 63–76.
25. *Лычак М. М.* Идентификация и оценивание состояния объектов управления на основе множественного подхода // Проблемы управления и информатики. — 1999. — № 5. — С. 34–41.

26. *Хакен Г.* Синергетика: иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. — М.: Мир, 1985. — 423 с.
27. *Николис Дж.* Динамика иерархических систем. Эволюционное представление. — М.: Мир, 1989. — 486 с.
28. *Лычак М. М.* Математические модели процесса дискретного управления с помощью средств цифровой техники // Кибернетика и вычислительная техника. — 1989. — Вып. 83. — С. 14–22.
29. *Чарин В. С.* Линейные преобразования и выпуклые множества. — К.: Выща шк. — 1978. — 192 с.



ЗМІСТ

Пояснювальна записка	3
Тематичний план дисципліни “Випадкові процеси”	3
Зміст дисципліни “Випадкові процеси”	4
Питання і завдання для самоконтролю.....	8
Список літератури.....	15



Відповідальний за випуск	<i>А. Д. Вегеренко</i>
Редактор	<i>Т. М. Тележенко</i>
Комп'ютерне верстання	<i>С. В. Бичков</i>

МАУП

Зам. № ВКЦ-2760

Міжрегіональна Академія управління персоналом (МАУП)
03039 Київ-39, вул. Фрометівська, 2, МАУП