

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Волосюк В.К., Кравченко В.Ф.* Математические методы моделирования физических процессов в задачах дистанционного зондирования Земли // *Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники.* 2000. № 8. С. 3–80.
2. *Волосюк В.К., Кравченко В.Ф., Пономарев В.И.* Математические методы моделирования физических процессов в задачах дистанционного зондирования Земли // *Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники.* 2000. № 12. С. 3–74.
3. *Гончаренко А.А., Кравченко В.Ф., Пономарев В.И.* Дистанционное зондирование неоднородных сред. М.: Машиностроение, 1991. 256 с.
4. *Ефимов В.М., Резник А.Л.* Алгоритмы идентификации фрагментов двух изображений, инвариантные к повороту // *Автометрия.* 1984. № 5. С. 61–67.
5. Быстродействующие алгоритмы восстановления рельефа в задачах дальнего космического стереовидения / В.М. Ефимов и др. // *Автометрия.* 1999. № 2. С. 3–11.
6. *Шалыгин А.С., Палагин Ю.И.* Прикладные методы статистического моделирования. Л.: Машиностроение, 1986. 320 с.
7. *Загородников А.А.* Радиолокационная съемка морского волнения с летательных аппаратов. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 315 с.
8. *Сергеев Г.А., Янутти Д.А.* Статистические методы исследования природных объектов. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 310 с.
9. *Янутти Д.А.* Дешифрирование аэрокосмических снимков. М.: Недра, 1991. 240 с.
10. *Pratt W.K., Faugeras O.D., Gagalowicz A.* Applications of Stochastic Texture Field Models to Image Processing // *Proceedings of the IEEE.* 1981. V. 69, № 5. P. 594–621.
11. *Zhu S.C., Wu Y.N., Mumford D.B.* FRAME: Filters, Random fields and Maximum Entropy — to a unified theory for texture modeling. Cambridge: Harvard Robotics Laboratory, 1996. 93 p.

12. *Yuan J., Rao S.T.* Spectral estimation for random fields with applications to Markov modeling and texture Classification, Markov Random Fields. New York: Chellappa and Jain editors, 1993. P. 179–209.
13. *Быков В.В.* Цифровое моделирование в статистической радиотехнике. М.: Сов. радио, 1971. 328 с.
14. *Ермаков С.М., Михайлов Г.А.* Курс статистического моделирования. М.: Наука, 1982. 296 с.
15. *Михайлов Г.А.* Численное построение случайного поля с заданной спектральной плотностью // Доклады Акад. наук СССР. 1978. Т. 238, № 4. С. 793–796.
16. *Михайлов Г.А.* Моделирование случайных процессов и полей на основе точечных потоков Пальма // Доклады Акад. наук СССР. 1982. Т. 262, № 3. С. 531–535.
17. *Товстик Т.М.* Моделирование однородного гауссовского случайного поля // Методы представления и аппаратный анализ случайных процессов и полей: Труды X Всесоюзного симпозиума, Секция IV. Л., 1978. С. 75–77.
18. *Шкурский Б.И.* Метод математического моделирования двумерных случайных полей // Известия Акад. наук СССР. Техническая кибернетика. 1969. № 6. С. 67–75.
19. *Cellappa R., Kashyap R.L.* Texture synthesis using 2D noncausal autoregressive models // IEEE Transaction on Acoustics, Speech, and Signal Processing. 1985. V. 33, № 1. P. 194–203.
20. *Jain A.K.* Advances in Mathematical Models for Image Processing // Proceedings of the IEEE. 1981. V. 69, № 5. P. 502–528.
21. *Makhoul J.* Linear Prediction: A Tutorial Review // Proceedings of the IEEE. 1975. V. 63, № 4. P. 561–580; 1976. V. 64, № 2. P. 285.
22. *Frost O.L.* High-resolution 2D Spectral analysis at low SNR // Proceedings of the 1980 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Processing. Denver (C.O.), 1980. V. 2. P. 580–583.
23. *Ekstrom M.P., Woods J.W.* Two-dimensional factorization with applications in recursive digital filtering // IEEE Transaction on Acoustics, Speech, and Signal Processing. 1976. V. ASSP-24, № 2. P. 115–128.
24. *Marple Jr. S.L.* Digital Spectral Analysis with applications New Jersey: Prentice Hall, 1987. 584 p.
25. *Соколов Н.П.* Введение в теорию многомерных матриц. Киев: Наук. думка, 1972. 175 с.

26. *Tufts D.W., Kumaresan R.* Estimation of Frequencies of Multiple Sinusoids: Making Linear Prediction Perform like Maximum Likelihood // Proceedings of the IEEE. 1982. V. 70, № 9. P. 77–94.
27. *Jackson L.B., Chien H.C.* Frequency and Bearing Estimation by Two-dimensional Linear Prediction // Proceedings of the 1979 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. Washington (D.C.), 1979. P. 665–668.
28. *Лабунец Л.В.* Моделирование случайного поля методом прямого и обратного линейного предсказания // Электронное моделирование. 1989. Т. 11, № 6. С. 98–100.
29. *Пугачев В.С.* Теория случайных функций и ее применения к задачам автоматического управления. М.: Физматгиз, 1962. 883 с.
30. *Расцепляев Ю.С., Фандиенко В.Н.* Синтез моделей случайных процессов для исследования автоматических систем управления. М.: Энергия, 1981. 89 с.
31. *Лабунец Л.В.* Параметрическое моделирование однородных случайных полей, измеренных на дискретном растре // Электронное моделирование. 1991. Т. 13, № 3. С. 10–13.
32. *Dudgeon D.E., Mersereau R.M.* Multidimensional Digital Signal Processing. New York: Prentice Hall, 1984. 488 p.
33. *Mersereau R.M.* The Processing of Hexagonally Sampled Two-dimensional Signals // Proceedings of the IEEE. 1979. V. 67, № 6. P. 930–949.
34. *Алексеев В.Г.* Эмпирический спектральный анализ гауссовских однородных случайных полей // Проблемы передачи информации. 1973. № 4. С. 53–59.
35. *Blahut R.E.* Fast Algorithms for Digital Signal Processing. New York: Addison-Wesley Publishing Company, 1985. 448 p.
36. *Бородянский А.А.* Гипертреугольная дискретизация N-мерных сообщений // Радиотехника. 1985. № 4. С. 42–52.
37. *Petersen D.P., Middleton D.* Sampling and Reconstruction of Wave-Number Limited Functions in N-Dimensional Euclidean Spaces // Information and Control. 1962. V. 5, № 4. P. 279–323.
38. *Моденов П.С.* Аналитическая геометрия. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1969. 698 с.
39. *Лабунец Л.В., Мусьяков М.П.* Параметрическая модель однородных анизотропных случайных полей // Известия Акад. наук СССР. Техническая кибернетика. 1988. № 3. С. 191–199.
40. *Лабунец Л.В., Шахтарин Б.И.* Цифровое моделирование однородных случайных полей с заданными корреляционно-спектральными

свойствами // Научно-техническое обеспечение деятельности спецслужб: Тез. докл. 3 межведомственной конф. ИКСИ. М., 2000. С. 213–215.

41. *Лабунец Л.В., Шахтарин Б.И.* Цифровое моделирование однородных случайных полей с заданными корреляционно-спектральными свойствами // Научный вестник МГТУ ГА. Радиофизика и радиотехника. 2000. № 24. С. 28–37.

42. *Лабунец Л.В.* Рандомизация многомерных распределений в метрике Махаланобиса // Радиотехника и электроника. 2000. Т. 45, № 10. С. 1214–1225.

43. *Мешалкин Л.Д.* Параметризация многомерных распределений // Ученые записки по статистике: Прикладной многомерный статистический анализ. 1978. Т. 33А. С. 11–18.

44. *Fukunaga K.* Introduction to Statistical Pattern Recognition. New York: Academic Press, 1972. 368 p.

45. *Geist J.M.* Computer Generation of Correlated Gaussian Random Variables // Proceedings of the IEEE. 1979. V. 67, № 5. P. 188–189.

46. *De Groot M.H.* Optimal Statistical Decisions. New York: McGraw-Hill Company, 1970. 391 p.

47. *Tou J.T., Gonzalez R.C.* Pattern Recognition Principle. London: Addison — Wesley P.C., 1974. 411 p.

48. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности: Справ. изд. / С.А. Айвазян, В.М. Бухштабер, Н.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. М.: Финансы и статистика, 1989. 607 с.

49. *Redner R.A., Walker H.F.* Mixture densities, maximum likelihood and the EM algorithm // SIAM Review. 1984. V. 26, № 2. P. 195–239.

50. *Цыпкин Я.З.* Основы теории обучающихся систем. М.: Наука, 1970. 252 с.

51. *Кравченко В.Ф.* Лекции по теории атомарных функций и некоторым их приложениям. М.: Радиотехника, 2003. 512 с.

52. *Кравченко В.Ф., Рвачев В.А.* «Wavelet» системы и их применение в обработке сигналов // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. 1996. № 4. С. 3–20.

53. *Бохнер С.* Лекции об интегралах Фурье / Пер. с англ. под ред. Я.И. Житомирского: М.: Физматгиз, 1962. 298 с.

54. *Михлин С.Г.* Линейные интегральные уравнения в частных производных. М.: Высш. шк., 1977. 214 с.

55. *Лабунец Л.В., Мусьяков М.П., Решетко А.Д.* Модель входных воздействий систем управления в виде однородного изотропного случайного

поля // Известия Акад. наук СССР. Техническая кибернетика. 1985. № 6. С. 156–165.

56. *Лабунец Л.В., Мусьяков М.П., Решетко А.Д.* Неканоническая модель однородного изотропного случайного поля // Статистические методы обработки сигналов и их практические применения: Тез. докл. девятого выездного Всесоюзного семинара, г. Туапсе, 17–18 октября 1985 г. Харьков, 1985. С. 94–95.

57. *Градштейн И.С., Рыжик И.М.* Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. М.: Наука, 1971. 1100 с.

58. *Малахов А.Н.* Кумулянтный анализ случайных негауссовых процессов и их преобразований. М.: Сов. радио, 1978. 376 с.

59. *Beckmann P.* Scattering by Non-Gaussian Surface // IEEE Transactions. 1973. V. AP-21, № 2. P. 169–175.

60. *Лабунец Л.В.* Корреляционное приближение многомерных вероятностных распределений // Труды МВТУ. 1987. Вып. 493. Вопросы проектирования кибернетических устройств. С. 3–12.

61. *Тихонов В.И.* Статистическая радиотехника. М.: Радио и связь, 1982. 624 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Многомерное спектральное оценивание методом прямого и обратного линейного прогноза.....	7
1.1. Вводные замечания.....	7
1.2. Расширение измеренных данных.....	8
1.3. Идентификация коэффициентов фильтров.....	11
1.4. Спектральное оценивание данных.....	14
1.5. Устойчивый метод наименьших квадратов.....	16
1.6. Численные эксперименты.....	17
1.7. Контрольные вопросы и задания.....	19
2. Каноническая спектральная модель случайного гауссовского поля, измеренного на дискретном растре.....	21
2.1. Вводные замечания.....	21
2.2. Параметрическое представление случайного поля.....	21
2.3. Цифровое моделирование случайных частот.....	22
2.4. Моделирование выборочного спектра.....	24
2.5. Моделирование сглаженной периодограммы.....	26
2.6. Контрольные вопросы и задания.....	28
3. Рандомизация спектров в метрике Махаланобиса.....	29
3.1. Вводные замечания.....	29
3.2. Модель конечной смеси стандартных спектров.....	29
3.3. Система нормальных уравнений.....	31
3.4. SWM-алгоритм рандомизации энергетического спектра.....	34
3.5. Контрольные вопросы и задания.....	40
4. Свойства сходимости SWM-алгоритма.....	43
4.1. Исходные данные.....	43
4.2. Результаты численного эксперимента.....	43
4.3. Многомерные окна данных.....	49
4.4. Контрольные вопросы и задания.....	50

5. Параметрическая модель изотропного случайного поля .....	51
5.1. Радиальный спектр изотропного поля .....	51
5.2. Рандомизация радиального спектра .....	52
5.3. Контрольные вопросы и задания .....	56
6. Моделирование негауссовского случайного поля .....	57
6.1. Нелинейное безынерционное преобразование .....	57
6.2. Метод кумулянтных уравнений .....	58
6.3. Контрольные вопросы и задания .....	60
Список литературы .....	61