МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б. Н. ЕЛЬЦИНА

В. Г. Коберниченко

РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Рекомендовано региональным отделением УрФО
учебно-методического объединения вузов Российской Федерации
по образованию в области радиотехники, электроники,
биомедицинской техники и автоматизации
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлениям подготовки 11.03.01, 11.04.01 «Радиотехника»
и специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»

2-е издание, стереотипное

Москва
Издательство «ФЛИНТА»
Издательство Уральского университета
2017

УДК 626.396(075.8)
ББК 32.844я73-1
К552

Рецензенты:

Научно-исследовательский институт цифровых систем обработки
и защиты информации Южно-Уральского государственного университета
(директор института доктор технических наук,
профессор Ю. Т. К а р м а н о в);

Е. Ф. Т о л с т о в, доктор технических наук, профессор,
старший научный сотрудник
(ОАО «Корпорация “Фазотрон” – НИИРС»)

Коберниченко, В. Г.

К552 Радиозлектронные системы дистанционного зондирования Земли [Электронный ресурс]: [учеб. пособие] / В. Г. Коберниченко ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — 2-е изд., стер. — М. : ФЛИНТА : Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 224 с.

ISBN 978-5-9765-3131-4 (ФЛИНТА)

ISBN 978-5-7996-1685-4 (Изд-во Урал. ун-та)

Изложены основы космического дистанционного зондирования Земли в различных диапазонах электромагнитного излучения. Приведены состав и характеристики современных оптико-электронных и радиолокационных систем космического наблюдения. Основное внимание уделено принципам построения и методам обработки сигналов в космических радиолокаторах с синтезированной апертурой антенны. Рассмотрены информационные характеристики космических радиолокационных изображений, этапы и специализированные программные комплексы обработки радиолокационных данных дистанционного зондирования Земли.

Для студентов и магистрантов, обучающихся по направлению подготовки «Радиотехника» и специальности «Радиозлектронные системы и комплексы». Может быть полезным для студентов, изучающих информационные системы и технологии, прикладную информатику, картографию и геоинформатику.

УДК 626.396(075.8)
ББК 32.844я73-1

ОГЛАВЛЕНИЕ

Основные сокращения	5
Предисловие	6
1. Физические основы космического дистанционного зондирования	9
1.1. Понятие дистанционного зондирования Земли	9
1.2. Спектральные диапазоны	10
1.3. Характеристики отражений в видимом и инфракрасном диапазонах	17
1.4. Характеристики отражений природных образований и объектов техносферы в СВЧ-диапазоне	26
1.5. Характеристики излучения природных образований и объектов техносферы	32
<i>Контрольные вопросы</i>	37
2. Структура космической системы дистанционного зондирования Земли	38
2.1. Состав системы	38
2.2. Орбиты космических аппаратов дистанционного зондирования Земли	41
2.3. Разрешающая способность съемки	49
2.4. Классификация систем ДЗЗ	53
2.5. Наземные центры приема и обработки данных ДЗЗ	55
<i>Контрольные вопросы</i>	63
3. Оптико-электронные системы дистанционного зондирования ...	64
3.1. Формирование изображения. Способы сканирования поверхности	64
3.2. Полоса обзора и пространственное разрешение	67
3.3. Характеристики оптико-электронных систем космического наблюдения	73
3.3.1. Система EOS Terra	76
3.3.2. Система Landsat	79
3.3.3. Система SPOT	83
3.3.4. Космический аппарат WordView-2	84
3.3.5. Оптико-электронная система ДЗЗ «Канопус-В»	86

3.3.6. Оптико-электронная аппаратура космического аппарата «Ресурс-П»	88
<i>Контрольные вопросы</i>	91
4. Принципы космического радиолокационного землеобзора	92
4.1. Получение космических радиолокационных изображений местности	92
4.2. Принцип синтезирования апертуры	97
4.3. Формирование радиолокационных изображений в РСА	106
4.4. Режимы обзора земной поверхности в космических РСА	115
4.5. Глубина фокуса и число азимутальных каналов	119
4.6. Алгоритмы цифрового синтезирования апертуры	122
4.7. Энергетика космических РСА. Уравнение дальности действия ...	131
<i>Контрольные вопросы</i>	135
5. Космические радиолокаторы с синтезированной апертурой	137
5.1. Краткая история развития космических систем с РСА	137
5.2. Особенности обработки сигналов при формировании изображения в космических РСА	141
5.3. Радиолокаторы космических аппаратов RADARSAT-1, 2	151
5.4. Радиолокатор PALSAR космического аппарата ALOS	157
5.5. Радиолокатор с синтезированной апертурой космического аппарата TerraSAR	159
5.6. Космическая радиолокационная интерферометрия	163
<i>Контрольные вопросы</i>	177
6. Информационные характеристики космических радиолокационных изображений	179
6.1. Оценка качества цифровых космических РЛИ	179
6.2. Радиометрические искажения. Спекл-шум	183
6.3. Геометрические искажения РЛИ	188
6.4. Оценка дешифровочных свойств РЛИ типовых объектов местности	192
6.5. Этапы обработки и форматы радиолокационных данных дистанционного зондирования Земли	199
6.6. Специализированные программные комплексы обработки радиолокационных данных ДЗЗ	206
<i>Контрольные вопросы</i>	215
Список библиографических ссылок	216