

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ высшего образования
«Государственный университет по землеустройству»

Учебник для вузов

А.Н. Лимонов
Л.А. Гаврилова

ФОТОГРАММЕТРИЯ И ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов
Российской Федерации по образованию в области
землеустройства и кадастров в качестве учебника для студентов
высших учебных заведений, обучающихся по направлению
подготовки 21.03.02 — Землеустройство и кадастры*

**«Академический проект»
Москва, 2018**

УДК 528.7 (075.8)
ББК 26.1я73
Л 58

Л 58 **Лимонов А.Н., Гаврилова Л.А.**
Фотограмметрия и дистанционное зондирование: Учебник
для вузов. — 2-е изд. — М.: Академический проект, 2018. —
296 с. — (Gaudeamus: Библиотека геодезиста и картографа).

ISBN 978-5-8291-2271-3

В учебнике изложены научные основы и практические рекомендации применения дистанционных методов для получения информации о пространственном положении и качественном составе объектов земной поверхности. Рассмотрены современные аэро- и космические съемочные системы и области их применения. Даны аналитический анализ геометрических свойств аэро- и космических снимков и общее представление о теории и инновационных технологиях обработки аэро- и космических снимков на современных цифровых фотограмметрических станциях для создания ортофотопланов — основы размещения топографической, кадастровой и иной информации. Представлены решения прикладных задач землеустройства, кадастров и мониторинга земель по данным дистанционного зондирования.

Учебник может быть использован при подготовке бакалавров, обучающихся по направлениям «Землеустройство и кадастры», «Фотограмметрия и дистанционное зондирование», специалистов по специальности «Прикладная геодезия», магистров и аспирантов по направлению подготовки «Науки о Земле».

УДК 528.7 (075.8)
ББК 26.1я73

ISBN 978-5-8291-2271-3

© Лимонов А.Н., Гаврилова Л.А.,
2016
© Оригинал-макет, оформление.
«Академический проект», 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ЧАСТЬ I. АЭРО- И КОСМИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ ЗЕМЛИ	
ГЛАВА 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЭРО- И КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК ЗЕМЛИ	10
1.1. Основные понятия, термины и определения	10
1.2. Схема получения видеоинформации при аэро- и космической съемке	11
1.3. Электромагнитное излучение, используемое при аэро- и космических съемках земной поверхности	13
1.4. Роль атмосферы при проведении аэро- и космических съемок	15
1.5. Объекты земной поверхности как отражатели и излучатели энергии	17
Контрольные вопросы	23
ГЛАВА 2. АЭРО- И КОСМИЧЕСКИЕ СЪЕМОЧНЫЕ СИСТЕМЫ	25
2.1. Классификация съемочных систем	25
2.2. Основные критерии съемочных систем	26
Контрольные вопросы	28
ГЛАВА 3. ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ СЪЕМОЧНЫЕ СИСТЕМЫ	28
3.1. Общие сведения	29
3.2. Кадровые топографические аэрофотоаппараты	30
3.3. Деформация изображения в кадровых аэрофотоаппаратах	38
Контрольные вопросы	40
ГЛАВА 4. ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ АЭРО- И КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМКАХ	42
4.1. Понятие о черно-белом фотографическом процессе	42
4.2. Строение черно-белых фотографических материалов	43
4.3. Сенситометрические характеристики аэрофотоплёнок	45
4.4. Структурометрические характеристики фотоплёнок	48
4.5. Этапы фотографического процесса	49
4.6. Понятие о цветной фотографии	54
Контрольные вопросы	57
ГЛАВА 5. НЕФОТОГРАФИЧЕСКИЕ СЪЕМОЧНЫЕ СИСТЕМЫ	59
5.1. Кадровые телевизионные системы	59
5.2. Сканирующие съемочные системы	60
5.3. Тепловые съемочные системы	62
5.4. Оптико-электронные съемочные системы	64
5.5. Лазерные съемочные системы	67
5.6. Радиофизические съемочные системы	69
Контрольные вопросы	72
ГЛАВА 6. ПРОИЗВОДСТВО АЭРОФОТОСЪЕМКИ	74
6.1. Технические показатели аэрофотосъемки	74
6.2. Оценка качества результатов аэрофотосъемки	80
6.3. Особые условия проведения аэрофотосъемки городских территорий	87
Контрольные вопросы	88

ГЛАВА 7. ПОНЯТИЕ О КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ ЗЕМЛИ	89
7.1. Условия получения космических снимков	89
7.2. Отличие космических снимков от аэрофотоснимков.....	91
Контрольные вопросы.....	92
7.3. Космические съемочные системы	93
Контрольные вопросы.....	98
Тесты к части I.....	98
ЧАСТЬ II. АЭРО- И КОСМИЧЕСКИЕ СНИМКИ —	
ПЕРВИЧНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ	
ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ	
ГЛАВА 8. ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ СНИМОК – ЦЕНТРАЛЬНАЯ ПРОЕКЦИЯ	108
8.1. Основные элементы центральной проекции	108
8.2. Метрические свойства снимка, полученного топографическим аэрофотоаппаратом.....	111
8.3. Фотосхемы	115
Контрольные вопросы.....	119
ГЛАВА. 9. ТЕОРИЯ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ОДИНОЧНОГО ТОПОГРАФИЧЕСКОГО СНИМКА	120
9.1. Системы координат, применяемые в фотограмметрии.....	120
9.2. Элементы ориентирования одиночного топографического снимка	122
9.3. Аналитическое трансформирование топографических снимков.....	123
9.4. Определение элементов внешнего ориентирования топографического аэрофотоснимка	126
9.5. Раздельное определение элементов внешнего ориентирования снимка при фотограмметрической обработке его частей	127
9.6. Математический метод решения фотограмметрических задач.....	129
9.7. Цифровые модели рельефа	132
9.8. Расчет параметров аэрофотосъемки при фотограмметрической обработке одиночного снимка	134
9.9. Технология создания векторного плана методом цифровой фотограмметрической обработки одиночного снимка	136
Контрольные вопросы.....	140
ГЛАВА 10. ТЕОРИЯ СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ СНИМКОВ	141
10.1. Возможности зрительного аппарата человека.....	141
10.2. Стереозэффект и условия его получения.....	143
10.3. Элементы внешнего ориентирования пары аэрофотоснимков ..	147
10.4. Элементы взаимного ориентирования пары аэрофотоснимков	147
10.5. Взаимное ориентирование пары аэрофотоснимков	149
10.6. Определение пространственных фотограмметрических координат точек модели местности.....	150
10.7. Внешнее ориентирование фотограмметрической модели местности.....	151
10.8. Прямая фотограмметрическая засечка по паре снимков.....	153
10.9. Расчет параметров аэрофотосъемки при стереофотограмметрической обработке снимков	154
10.10. Технология цифровой стереофотограмметрической обработки аэрофотоснимков.....	156
10.11. Планово-высотная привязка аэрофотоснимков.....	158

10.12. Пространственная аналитическая фототриангуляция	161
10.13. Аппаратные средства и программное обеспечение цифровой обработки снимков.....	163
10.14. Критерии систем цифровой обработки аэро- и космических снимков	165
10.15. Алгоритм испытаний систем цифровой фотограмметрической обработки снимков.....	167
10.16. Устройства ввода-вывода изображений	171
10.17. Технологические схемы создания цифровых моделей местности.....	175
Контрольные вопросы.....	182
10.18. Фотограмметрическая обработка сканерных снимков, полученных оптико-электронными съемочными системами	182
Контрольные вопросы.....	186
ГЛАВА 11. НАЗЕМНАЯ СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА	187
11.1. Аналитические методы фотограмметрической обработки наземных снимков	187
11.2. Подготовительные работы при наземной стереофотограмметрической съемке	189
11.3. Полевые работы при наземной стереофотограмметрической съемке	191
11.4. Использование метода наземной фотограмметрии при решении нетопографических задач	191
11.5. Создание фронтальных планов зданий и сооружений методом наземной стереофотограмметрической съемки.....	194
Контрольные вопросы.....	195
Тесты к части II	196
 ЧАСТЬ III. ДЕШИФРИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ АЭРО- И КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК	
ГЛАВА 12. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ АЭРО- И КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ	204
12.1. Классификация дешифрирования	204
12.2. Дешифровочные признаки, используемые при визуальном дешифрировании	208
12.3. Материалы аэро- и космических съемок, используемые при визуальном дешифрировании	212
12.4. Генерализация информации и критерии качества дешифрирования	213
Контрольные вопросы.....	216
ГЛАВА 13. ДЕШИФРИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ АЭРО- И КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА И КАДАСТРА	217
13.1. Задачи и содержание кадастрового дешифрирования	217
13.2. Основные этапы технологии визуального дешифрирования.....	218
13.3. Объекты дешифрирования при создании планов использования земель масштаба 1:10 000 и 1:25 000.....	224
13.4. Дешифрирование снимков населенных пунктов для целей кадастра и инвентаризации объектов недвижимости.....	233
Контрольные вопросы.....	238
Тесты к части III	238

**ЧАСТЬ IV. ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ
АЭРО- И КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК
В ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ И КАДАСТРАХ**

ГЛАВА 14. МОНИТОРИНГ НЕДВИЖИМОСТИ ДИСТАНЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ	246
14.1. Характеристика подсистем мониторинга объектов недвижимости	246
14.2. Общие вопросы технологии мониторинга недвижимости дистанционными методами	248
14.3. Мониторинг изменений линейных и площадных объектов	251
14.4. Применение беспилотных летательных аппаратов для получения цифровых моделей местности при мониторинге объектов ландшафта.....	254
14.5. Технология полевого дешифрирования цифровых ортофотопланов с использованием компьютерных средств.....	257
Контрольные вопросы.....	261
ГЛАВА 15. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ	262
15.1. Виды экологического мониторинга земель	262
15.2. Методологические особенности экологического мониторинга земель дистанционными методами	264
15.3. Экологический мониторинг промышленных территорий	269
Контрольные вопросы.....	270
ГЛАВА 16. ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИИ ТЕРРИТОРИЯМИ	271
16.1. Применение аэро- и космических снимков при организации территорий	271
16.2. Применение данных космических съемок при чрезвычайных ситуациях.....	273
16.3. Методика обновления планов и карт с использованием материалов новой аэрофотосъемки	274
16.4. Использование аэрофотоснимков при составлении проектов рекультивации нарушенных земель	276
16.5. Использование материалов аэро- и космических съемок при создании геоинформационных систем.....	278
16.6. Создание 3D-изображений с использованием аэро- и космических снимков	280
Контрольные вопросы.....	281
ГЛОССАРИЙ	282
Термины и определения	283
ЛИТЕРАТУРА.....	280
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	291