

Молчанов А.С.

**ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА
ДЕШИФРИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ
АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ ИКОНИЧЕСКИХ
ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**

УДК 629.7.066(07)
ББК 68.521.4я7
М761

к.т.н., доцент Молчанов Андрей Сергеевич

Коллектив авторов:

(в алфавитном порядке)

	Абрамов Денис Валерьевич
д.т.н., профессор	Богомолов Алексей Валерьевич
	Бугаев Олег Александрович
д.т.н., доцент	Веселов Юрий Геннадьевич
к.т.н., доцент	Волотов Евгений Михайлович
д.т.н., профессор	Исаев Сергей Александрович
	к.э.н. Ковалев Петр Петрович
	к.т.н. Москвич Олег Витальевич
к.т.н., доцент	Николаев Сергей Владимирович
	Новожилов Николай Александрович
	Чаусов Евгений Викторович
д.т.н., профессор	Шибанов Георгий Петрович
	Шляхов Игорь Александрович
	Ярошенко Антон Николаевич

Молчанов Андрей Сергеевич

М761 Теория и практика дешифрирования объектов авиационной техники иконических оптико-электронных систем. – М.: Издательство «Перо», 2020. – 171 с.

В монографии дается систематическое изложение теории и практики дешифрирования аэроснимков, полученных иконическими оптико-электронными системами воздушной разведки. Дешифрирование рассматривается с современных позиций теории информации и распознавания образов. Показаны возможные пути распознавания изображений, способы выбора и минимизации демаскирующих признаков, методы идентификации объектов при визуальном и автоматическом дешифрировании. Значительное место отведено описанию классификации объектов авиационной техники.

ISBN 978-5-00171-491-0

© Молчанов А.С. 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
СОДЕРЖАНИЕ.....	5
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	7
1 Основы дешифрирования аэроснимков иконических оптико-электронных систем воздушной разведки	9
1.1 Характеристика аэроснимков и особенности их дешифрирования	9
1.2 Структурная блок-схема процесса дешифрирования аэроснимков	12
1.3 Классификация объектов дешифрирования.....	15
1.4 Демаскирующие и дешифровочные признаки объектов и их изображений.....	19
1.5 Особенности отображения общих признаков распознавания объектов на аэроснимках, полученных в различных спектральных диапазонах.....	30
1.6 Требования к качеству дешифрирования аэроснимков	34
1.7 Способы рассматривания аэроснимков при дешифрировании	38
1.8 Основы подготовки дешифровщиков и пути повышения их квалификации	42
1.9 Методика выполнения дешифрирования.....	44
1.10 Особенности визуального восприятия и критерии субъективной оценки качества изображений дешифровщиком	47
2. Классификация объектов авиационной техники и основные характеристики при их дешифрировании.....	54
2.1 Самолеты-бомбардировщики.....	57
2.2 Самолеты-истребители.....	59
2.3 Самолеты-штурмовики.....	61
2.4 Транспортные самолеты.....	63
2.5 Самолеты-заправщики, самолеты дальнего радиолокационного обнаружения, противолодочные самолеты, самолеты связи, учебные самолеты.....	69
2.6 Транспортные вертолеты.....	70
2.7 Боевые вертолеты.....	74
2.8 Беспилотные летательные аппараты.....	79
3 Методы автоматического дешифрирования цифровых изображений.....	88
3.1 Основные задачи, решаемые при построении систем автоматического распознавания.....	88
3.2 Классификация систем автоматического распознавания объектов воздушной разведки	89
3.3 Анализ построения систем автоматического распознавания и критериев эффективности признаков дешифрирования объектов воздушной разведки	94
3.4. Признаки изображений объектов воздушной разведки и их свойства ...	103

3.5 Критерии выбора признаков на основе теории информации.....	103
3.6 Методы оценки эффективности систем распознавания образов.....	105
3.6.1 Метод вычисления средней вероятности ошибки.....	105
3.6.2 Метод оценки эффективности процессов регистрации и распознавания изображений.....	111
3.7 Нейронные сети.....	117
3.7.1 Многослойные нейронные сети.....	119
3.7.2 Нейронные сети высокого порядка.....	119
3.7.3 Нейронные сети Хопфилда.....	120
3.7.4 Самоорганизующиеся нейронные сети Кохонена.....	120
3.7.5 Искусственные нейронные сети когнитрон и неокогнитрон.....	121
4. Дешифрирование материалов воздушной разведки с использованием программного комплекса автоматизированной обработки разнеспектральной видовой информации	125
5. Оценивание вероятности распознавания типовых объектов воздушной разведки на основе величин линейного разрешения на местности, полученных по результатам летных испытаний цифровых оптико-электронных систем.....	139
6. Результаты применения дешифрирования объектов авиационной техники при проведении летных испытаний иконических систем воздушной разведки.....	153
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	162
ЛИТЕРАТУРА.....	164

1 ОСНОВЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ АЭРОСНИМКОВ ИКОНИЧЕСКИХ ОПТИКО- ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ВОЗДУШНОЙ РАЗВЕДКИ

1.1 Характеристика аэроснимков и особенности их дешифрирования

Аэронимок – это двумерное изображение, полученное в результате дистанционной регистрации техническими системами собственного или отраженного излучения и предназначенное для обнаружения, качественного и количественного изучения объектов, явлений и процессов путем дешифрирования, измерения и картографирования.

На аэроснимках одновременно отображаются различные компоненты геосферы – литосфера, гидросфера, биосфера, атмосфера, что позволяет изучать их взаимодействие и взаимосвязи.

К основным свойствам и особенностям, присущим аэроснимкам, можно отнести масштаб, обзорность, разрешение съемки. Отдельными особенностями снимков также являются охватываемый спектральный диапазон и вид или технология съемки.

По масштабу аэроснимки делятся на следующие группы:

- *мелкомасштабные* (1:10000000 до 1:100000000). Их получают с геостационарных и метеоспутников на околоземных орбитах;
- *среднемасштабные* (1:1000000 до 1:10000000). Получают с пилотируемых кораблей и орбитальных станций;
- *крупномасштабные* (крупнее 1:1000000). Получают со специальных картографических спутников и АТ различных типов.

По обзорности (площади охвата территории одним снимком) различают аэроснимки:

- *глобальные*, охватывающие освещенную часть одного полушария; получают с межпланетных космических кораблей и геостационарных спутников. Территориальный охват их составляет десятки и сотни млн. км²;
- *региональные*, на которых изображается часть материка или крупный регион; получают с метеорологических и ресурсных спутников. Охват исчисляется млн. км². Ширина зоны охвата варьирует от 500 км до 3 000 км;
- *локальные*, на которых изображается часть региона; получают с пилотируемых кораблей, орбитальных станций, ресурсных и картографических спутников. Такие снимки охватывают десятки тысяч км.

По разрешению (минимальной линейной величине объекта, которая отображается на снимке) аэроснимки классифицируются следующим образом:

- снимки *очень низкого* разрешения (десятки километров). В настоящее время снимки с таким разрешением редки, в основном, это радиометрические снимки;

- снимки *низкого разрешения* (несколько километров). Эти снимки широко распространены, к ним относятся телевизионные и сканерные снимки с метеоспутников, а также с ресурсных спутников;

- снимки *среднего разрешения* (сотни метров). Такие снимки получают сканирующей аппаратурой среднего разрешения и тепловой инфракрасной аппаратурой ресурсных спутников;

- снимки *высокого разрешения* (десятки метров). Такое разрешение характерно для широко используемых фотографических снимков с пилотируемой и беспилотной АТ, пилотируемых космических кораблей, автоматических картографических спутников и орбитальных станций, а также для сканерных снимков с ресурсных спутников. Эта группа снимков делится еще на снимки *относительно высокого* разрешения (50–100 м), *высокого* (20–50 м), *очень высокого* (10–20 м) и *сверхвысокого* (меньше 1 м) разрешения.

По спектральному диапазону аэроснимки подразделяются на три основные группы: снимки в световом (видимом и ближнем инфракрасном) диапазоне, снимки в тепловом инфракрасном диапазоне и снимки в радиодиапазоне:

- *снимки в световом диапазоне*. Этот диапазон включает видимый (VNIR), ближний (SWIR) и средний (MWIR) ИК-диапазоны и на него приходится большая часть солнечной энергии. На качество снимков в этом диапазоне влияет облачность и рассеивающее влияние атмосферы. В зависимости от технологии получения выделяют снимки:

а) *фотографические*, полученные с помощью фотоаппарата, находящегося на борту авиационного или космического носителя;

б) *телевизионные*, полученные с помощью телекамеры, находящейся на борту носителя;

в) *сканерные*, полученные с помощью специального сканера в виде качающегося зеркала; чаще используют многозональную сканерную съемку, когда применяется несколько зеркал, каждое из которых воспринимает определенную зону спектра.

г) *многоэлементные ПЗС-снимки*, полученные с помощью электронных ПЗС-сканеров. Высокое разрешение снимков, минимум геометрических искажений;

- *снимки в тепловом ИК- диапазоне* (TIR или LWIR – Thermal или Long Wave Infra Red). Этот диапазон достаточно широк и охватывает спектральную зону от 3 до 1000 мкм, где большая часть световых волн не пропускается атмосферой. Имеются только три окна прозрачности с длинами волн 3 – 5, 8 – 14, 30 – 80 мкм, первые два из которых и используются для съемки. Съемка в тепловом диапазоне может вестись ночью и обычно дополняет другие виды съемки. Она используется при изучении различных яв-

лений, связанных с выделением тепловой энергии, например, при мониторинге лесных пожаров, тепловых или атомных электростанций;

- *снимки в радиодиапазоне*. Для дистанционного зондирования используют ультракоротковолновый диапазон радиоволн с длинами волн 1 мм – 1 м (СВЧ или микроволновый диапазон). Этот диапазон в значительной степени свободен от влияния атмосферы и погодных условий.

Различают *пассивную* радиометрию, при которой фиксируется собственное излучение Земли (радиометрические снимки), и *активную*, когда фиксируется отраженное искусственное излучение (радиолокационные снимки):

а) пассивная радиометрическая съемка осуществляется с помощью микроволновых радиометров, которые регистрируют СВЧ-излучение. По сигналам радиоизлучения строится радиометрический снимок, на котором изображаются объекты, характеризующиеся различными излучательными свойствами в заданном диапазоне. Например, излучение металлов очень незначительно, излучение растительности и сухой почвы характеризуется коэффициентом 0,9, воды – 0,3. Радиометрические снимки позволяют выявить почвы с различной влажностью, воды с разной степенью солености, определить степень промерзания грунтов, возраст морских льдов и т. д.;

б) для получения радиолокационных снимков на носителе устанавливается активный источник радиоизлучения с антенной, действующий по принципу просмотра местности поперек маршрута. Посылаемый к Земле сигнал по-разному отражается поверхностью и улавливается регистрирующей аппаратурой. На полученных снимках отражается шероховатость поверхности, микрорельеф, состав пород. Такие снимки могут применяться в геологии для поиска линз подземных вод, в сельском хозяйстве для изучения состояния растительности, а также для картографирования земель.

Процесс дешифрирования аэроснимков считается наиболее важным и сложным этапом обработки материалов, полученных с помощью ИСВЗР.

Дешифрирование аэроснимков имеет сложный психофизиологический характер и предполагает несколько уровней умственной активности, различной сложности логические решения и определенные виды труда человека.

Дешифрирование аэроснимка, в первую очередь, опирается на зрительное восприятие, в результате которого в сознании человека возникают образы и представления, на базе которых распознается и интерпретируется изображение. Это достигается путем сопоставления увиденного с зафиксированными в памяти образами и отличительными признаками объектов.

С точки зрения психологии дешифрирование по своей форме представляет специфический информационно-логический процесс изучения аэроснимков, в результате которого получают сведения об объекте, которые в той или иной степени отражают его действительное состояние. Степень отражения действительности зависит как от информативности изображения, так и от многих личных качеств дешифровщика. По содержанию де-

шифрование представляет сложную эвристическую деятельность в условиях избытка или недостатка информации и дефицита времени.

Избыток информации связан с изображением на аэроснимках мелких деталей и множества топографических объектов, распознавание которых вообще либо на отдельных этапах не входит в задачу дешифрирования. Недостаток информации объясняется потерей многих деталей объектов в связи с недостаточной разрешающей способностью ИСВЗР или отсутствием отображения определенных признаков (например, цвета, температуры, материала и др.) у отдельных видов изображений. Кроме того, дешифрирование связано с распознаванием очень малых по размерам и мало контрастных изображений объектов на фоне шумов, а их геометрические и оптические характеристики искажены и непостоянны по сравнению со свойствами объектов в натуре [1, 2, 3].

1.2 Структурная блок-схема процесса дешифрирования аэроснимков

Процесс дешифрирования аэроснимков складывается из нескольких уровней и этапов, которые ведут дешифровщика от обнаружения к распознаванию и классификации объектов, а затем к их общей оценке, выявлению сущности сложного объекта и формированию оценочной информации о нем. В зависимости от свойств исследуемых изображений, характера местности и расположенных на ней объектов, квалификации дешифровщика и других факторов уровни и этапы могут четко разделяться или незаметно переходить один в другой. Тем не менее, все они взаимосвязаны между собой и образуют несколько локальных систем [1, 2, 3, 4, 5].

В общем виде структура процесса дешифрирования аэроснимков представляется четырьмя уровнями (рисунок 1.1). На 1-ом уровне происходит своеобразный психологический настрой дешифровщика, уяснение подлежащих обработке видов информации, оценка стоящей задачи и формирование модели ее решения [1, 2, 3, 4, 5].

На 2-ом уровне осуществляется поиск на аэроснимке заданных объектов. В зависимости от ситуации, особенностей объекта и характера местности поиск происходит от частного и более простого к общему и сложному или наоборот.

Из множества объектов, изображенных на аэроснимке, на этом уровне выбираются необходимые или заданные объекты. Поиск объекта может совершаться одномоментно (симультанно) или путем более или менее длительного перебора ряда признаков и образов. Обычно здесь применяются самые общие групповые и комплексные признаки. На этом уровне совершаются поисковые и операции эвристического характера, и применяется вероятностно-модальная логика типа: в этом районе большая вероятность расположения такого-то объекта.

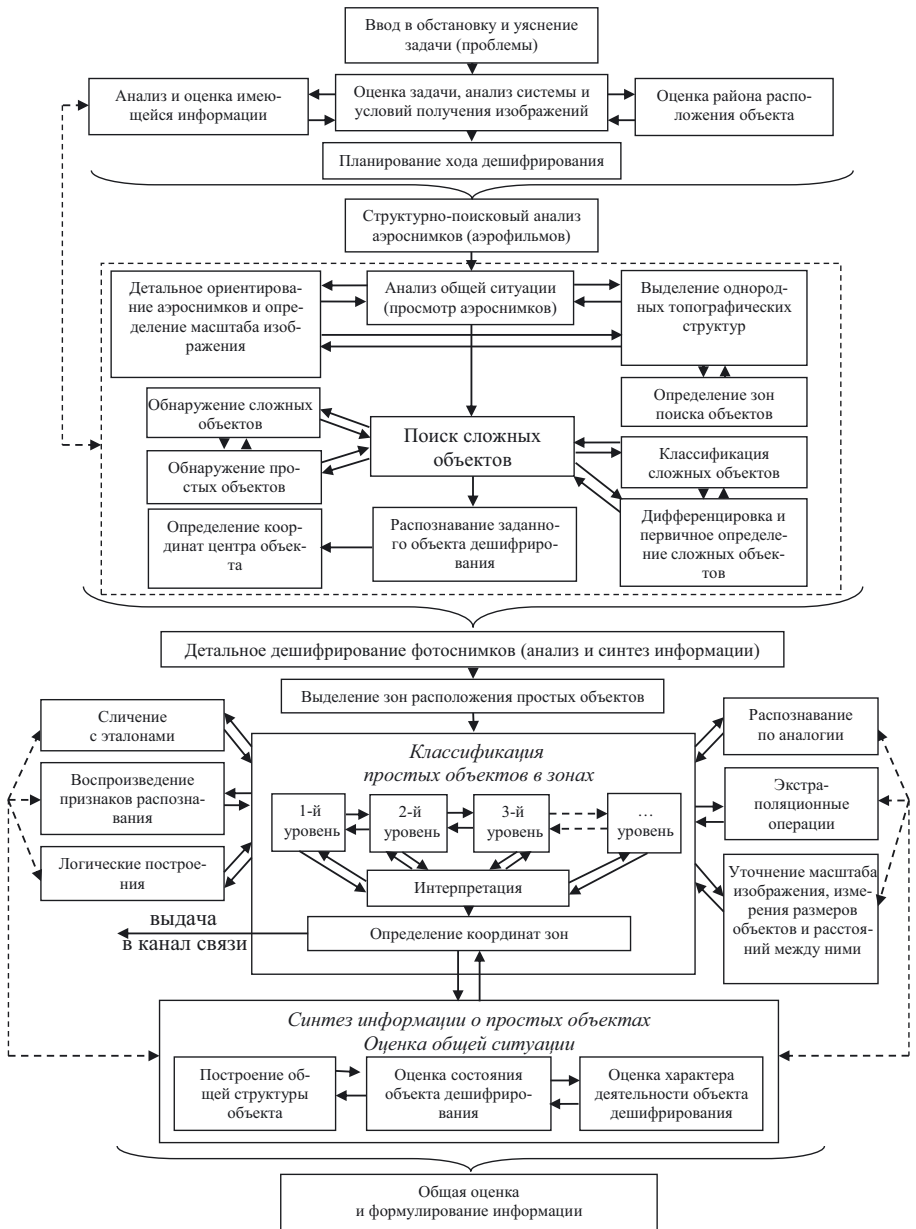


Рисунок 1.1 – Структурная схема процесса дешифрирования

На 3-ем уровне производится детальный анализ аэроснимка: распознавание и интерпретация простых и сложных объектов. Этот уровень связан с операциями смыслового восприятия и более сложной, чем на 2-ом уровне, вероятностно-модальной логикой. В данном случае одновременно распознаются только открытые простые объекты. Замаскированные объекты и элементы сложных объектов, состояние и характер их деятельности определяются в результате сложной умственной работы с привлечением обобщений, анализа изображений и синтеза полученной информации. Большую роль при этом играет интуиция.

В процессе дешифрирования изображений непрерывно происходит переход от распознавания простых объектов к распознаванию более сложных объектов и наоборот. При этом обнаруживается взаимосвязь между объектами, происходит переход от дешифрирования отдельных объектов к распознаванию и интерпретации ситуаций. Понимание и интерпретация ситуации, изобразившейся на аэроснимке, позволяет опять перейти к распознаванию отдельных объектов, но уже на более высоком уровне обработки информации. На всех этапах этого уровня производится распознавание по аналогии, экстраполяция информации о распознанных объектах и участках местности на еще не изученные и не распознанные.

Психологическая природа дешифрирования нефотографических (ИК--, радиолокационных) аэроснимков близка к распознаванию фотографических. Однако в этом процессе есть много особенностей. В частности, при распознавании нефотографических изображений происходит активизация логической деятельности, связанная с преодолением загубленного изображения с меньшим количеством деталей и строчной структурой, с необходимостью декодирования специфических особенностей теплового или радиолокационного контраста, а также радиолокационных теней и остаточного теплового нагрева. Обычно при рассмотрении нефотографических изображений происходит известный переход к оптическим образам. Особое значение имеет общеструктурный анализ изображений с широким использованием косвенных признаков, позволяющий в определенной степени снять условность [1, 2, 3].

На 4-ом уровне формируется представление об отдельных объектах, их группах и объекте дешифрирования в целом, делается окончательный вывод о характере, состоянии и деятельности объекта, а также кратко формулируется и записывается извлеченная информация с указанием количественных характеристик объекта.

Успех дешифрирования аэроснимков зависит от целого ряда объективных и субъективных факторов, которые по характеру и существу влияния на психофизиологическую деятельность дешифровщиков могут быть разбиты на пять групп.

В первую группу входят характеристики материалов, предъявляемых для дешифрирования. К ним относятся информативность аэроснимков и

их количество, вид, характер изображения и его искажений, схема расположения последовательно перекрывающихся аэроснимков, качество расчетов на выполнение аэросъемки.

Во вторую группу включаются показатели технического оснащения дешифровочного процесса. Наряду с объективным состоянием оборудования для дешифрирования в эту группу входят такие субъективные факторы, как степень использования имеющихся технических средств и обеспечение распознавательного процесса вспомогательными материалами (базами данных, справочниками, эталонами, топографическими картами и др.). Эта группа факторов оказывает как непосредственное влияние на качество и сроки дешифрирования, так и косвенное, в большой степени определяя работоспособность дешифровщика и его желание работать.

Третью группу составляют требования к классификации объектов, полноте и подробности дешифрирования. В зависимости от постановки задачи на дешифрирование эти факторы могут активизировать или замедлять распознавательную деятельность, тем самым оказывая влияние на качество информации и скорость дешифрирования. Чем полнее классификация и требования соответствуют задачам дешифрирования, тем больше они способствуют формализации распознавательной деятельности, определяют состав, объем и последовательность анализа изображений, изложения данных и терминологию.

В четвертую группу входят психофизиологические качества и квалификация дешифровщиков. Эффективность зрительного восприятия определяется остротой зрения и пропускной способностью, свето- и цветоразличительной и контрастной чувствительностью, временными характеристиками различения и работоспособностью глаза. Кроме физиологических особенностей зрительного восприятия, эффективность всего сложного процесса дешифрирования аэроснимков в условиях дефицита времени зависит от памяти, умения сосредоточиваться, анализировать и мыслить логически, творческого воображения и других качеств.

Пятую группу составляют организационно-технологические факторы. Это, прежде всего организация рабочих мест дешифровщиков и их планово-предупредительное обслуживание, технология и методика дешифрирования, санитарно-гигиенические условия труда, организация работ и управление дешифрированием. Правильная и четкая организация работ с хорошим оборудованием и обслуживанием рабочих мест определяют не только качество, но и сроки дешифрирования.

1.3 Классификация объектов дешифрирования

Дешифрирование аэроснимков относится к тому немногочисленному виду познавательной деятельности, которая связана с огромным чис-

лом различных по значению объектов и ситуаций. Из всего многообразия изображенных на аэроснимке объектов дешифровщик, часто в стрессовой ситуации, должен найти, распознать, классифицировать и описать изображения только тех объектов, которые заданы.

Все объекты, расположенные на поверхности Земли, можно сгруппировать по различным принципам: по соотношению и абсолютному значению линейных размеров – на компактные (малоразмерные), протяженные (линейные) и площадные; по положению относительно земной (водной) поверхности – на наземные (надводные), полуназемные и подземные (подводные); по степени подвижности – на стационарные, малоподвижные и подвижные. Однако для теории и практики дешифрирования наибольшее значение имеет классификация в зависимости от сложности и состава объектов, учитывающая сущность распознавательного процесса и подразделяющая их на простые и сложные [2, 4, 5].

Простые объекты – отдельные естественные или искусственные предметы (сооружения, образования), находящиеся на земной или водной поверхности и выполняющие одну определенную функцию и занимающие на местности небольшую площадь (самолет, танк, корабль, вагон, дом, дерево, луг и т.д.).

Сложные объекты – естественные или искусственные комплексы, занимающие значительные по размерам площади, выполняющие комплексные функции и состоящие из совокупности одинаковых или различных простых объектов, находящихся в определенной взаимосвязи (аэродром, сосредоточение войск, порт, участок местности и т. д.).

Полнота информации о сложном объекте, степень раскрытия его сущности, состояния и характера действий зависят от подробности информации о составляющих его простых объектах.

В процессе дешифрирования аэроснимков по различным причинам (низкому разрешению, перспективным искажениям, маскировке и др.) некоторые изображения невозможно отнести ни к одному из известных простых объектов. Для того чтобы не потерять информацию, не исказить характеристики сложного объекта, необходимо оперировать более общими понятиями – понятиями групп простых объектов. Помочь во всем этом может только классификация.

В основу настоящей классификации положены признаки, предназначение и основные характеристики простых объектов. В ней учтены существующие в вооруженных силах и хозяйстве всех стран систематизации техники и других простых объектов. Классификация предусматривает четыре категории простых объектов, соответствующие четырем уровням подробности информации о них: вид, класс, подкласс и тип. Классификация объектов приведена на рисунке 1.2 и в таблице 1.1.

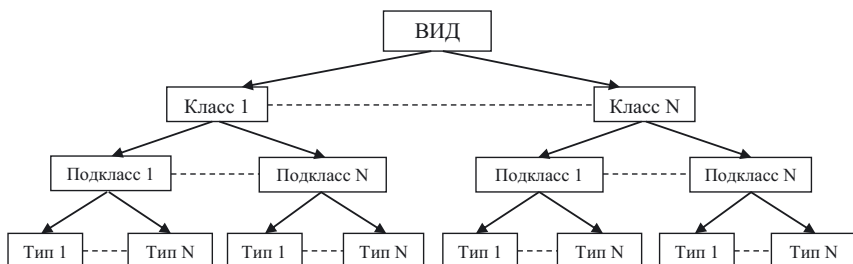


Рисунок 1.2 – Классификация объектов

Признаки, положенные в основу классификации, облегчают операцию классифицирования объектов при дешифрировании, выступая как определители для распознавания изображений. Четыре уровня подробности информации о простых объектах соответствуют требованиям, предъявляемым к информации при решении практических задач дешифрирования, и вполне достаточны для характеристики объектов и выполнения анализа сложного объекта.

Первичная категория классификации – **тип**; обозначает простой объект, имеющий одному ему присущие форму, размеры и положение деталей, тактико-технические данные и наименование (проект). Например, самолет МиГ-29, самолет Су-35 и т. д. С классификацией изображений до типа связана наиболее полная их характеристика. Каждый тип распознается по индивидуальным признакам, которыми являются не столько форма объекта в целом, сколько форма, расположение и размеры отдельных деталей. Так, самолеты-истребители, имея примерно одинаковые размеры и форму, различаются формой и длиной носовой части, формой горизонтального оперения, формой, размерами и расположением кабины летчика и воздухозаборников и т. д. Определителями для распознавания изображений до типа являются точные размеры, форма объекта, размеры и точное положение деталей, конструкция (проект).

Подкласс – категория классификации, объединяющая типы с близкими тактико-техническими данными и габаритными размерами, массой, грузоподъемностью и мощностью (тяжелые, средние и легкие самолеты-бомбардировщики и т. д.). Классификация изображений объектов до подкласса дает менее подробную информацию о них, так как эта категория объединяет определенную группу типов. Основными признаками подкласса являются границы габаритных размеров и теплового излучения, средняя отражающая поверхность, форма, размеры и расположение основных деталей. Основными определяющими признаками для распознавания до подкласса являются боевые свойства, тактическое (производственное) назначение, масса, мощность или грузоподъемность, форма, размеры и расположение основных деталей.

Класс – категория, объединяющая однородные подклассы (в некоторых случаях типы) с одинаковым боевым или производственным назначением (самолеты-бомбардировщики, танки, автомобили-самосвалы и т. д.). Объекты одного класса обладают общим характерной для них формой и характером расположения основных деталей и значительно отличаются размерами и тактико-техническими характеристиками.

Классификация изображений до класса дает еще менее подробную информацию об объекте, так как эта категория объединяет большую группу объектов, чем подкласс. Признаками классов являются более широкие, чем у подклассов, границы габаритных размеров, теплового излучения и отражающей поверхности, а также наличие и расположение определенных деталей, например двигателей у самолетов, орудийных башен у танков.

Таблица 1.1 – Классификация объектов

Категории классификации	Признаки (основания) классификации	
	Функциональные	Видовые
Вид	1 – общее предназначение; 2 – отношение к виду вооруженных сил или производства; 3 – среда передвижения (местоположение), сфера боевого применения	1 – конфигурация; 2 – отношение габаритных размеров; 3 – границы теплового излучения и мощности отраженного радиосигнала
Класс	1 – общее (одинаковое) боевое или производственное назначение	1 – форма; 2 – границы габаритных размеров; 3 – наличие и расположение крупных (основных) деталей; 4 – границы теплового излучения и мощности отраженного радиосигнала
Подкласс	1 – общие боевые свойства и близкие тактико-технические характеристики; 2 – общее тактическое (производственное) назначение	1 – мощность и грузоподъемность; 2 – форма, габариты и расположение основных деталей; 3 – границы габаритных размеров; 4 – границы теплового излучения и мощности отраженного радиосигнала
Тип	1 – конкретные тактико-технические характеристики; 2 – индивидуальное тактическое (производственное) назначение; 3 – установившиеся закономерные взаимосвязи, определенное местоположение в системе объектов	1 – конкретная форма; 2 – точные размеры; 3 – форма, размеры и точное расположение всех деталей; 4 – конструкция (проект)

Вид – категория классификации, объединяющая родственные классы, относящиеся, как правило, к одному виду вооруженных сил или производства и объединенные сферой боевого применения (боевая техника СВ, АТ и т. д.). Классификация изображений до вида дает наиболее общую информацию об объектах с наименьшей степенью подробности. Признаками видов являются общее предназначение, среда передвижения (местоположение), конфигурация, отношение размеров, границы теплового излучения и отражающей поверхности. Для АТ, например, характерна стрелообразная или крестообразная форма со средним отношением размаха крыла к длине самолета 1:1 и расположение на ровных открытых площадках.

Классификация объектов позволяет при обнаружении и выявлении их конфигурации, определении габаритных размеров и т. д. отнести к одному из видов и выразить сущность точным понятием, отражающим самые общие тактические или технические характеристики. При необходимости и возможности получения более подробной информации нужно выявить дополнительные признаки, характерные для классов, подклассов или типов. Распознавание изображения до типа требует наиболее детального изображения и самого подробного и продолжительного дешифрирования.

Таким образом, четырехуровневая классификация объектов обеспечивает:

- систематизацию всего многообразия объектов, встречающихся при дешифрировании различных видов изображений;
- систематизацию знаний дешифровщиков, облегчение их ориентирования в многочисленных простых объектах, возможность оперировать при необходимости более общими категориями, чем единичный объект (тип);
- стандартизацию названий простых объектов, ускоряющую обработку информации.

1.4 Демаскирующие и дешифровочные признаки объектов и их изображений

Простые и сложные объекты обнаруживаются и распознаются по тем отличительным свойствам и характерным чертам, которые отображаются на аэроснимках. [1, 4, 6, 7]. Признаки распознавания, по которым различают между собой изображения объектов в теории и практике дешифрирования принято называть демаскирующими или дешифровочными признаками.

Дешифровочные признаки дают возможность различать аэроснимки. В них проявляются характерные особенности изображений. По степени охвата объектов, сложности и специфике проявления, составу и постоянству отображения признаки можно разделить на пять основных групп: 1 – общие прямые, 2 – индивидуальные (частные) признаки типов объектов, 3 – групповые, 4 – косвенные, 5 – комплексные.

Общие прямые признаки распознавания – такие свойства простых объектов, которые непосредственно передаются на аэроснимках и воспринимаются человеческим глазом. Такими признаками являются элементарные свойства объектов: форма, размер, детали, структура, тон или цвет и тень изображения объектов. Они присущи каждому простому объекту. Однако эти признаки не однозначны, т. е. один и тот же признак, например прямоугольная форма, соответствует многим различным объектам или один и тот же объект в разных ситуациях может иметь разный тон или цвет.

Форма изображения является основным прямым признаком, поскольку зрительная система человека в первую очередь выделяет именно линии, очертания, контуры и уже после этого переходит на обследование деталей (элементов), которые привлекают внимание или, по его мнению, могут содержать характеристики, полезные для распознавания изображения.

Быстрота, достоверность и подробность распознавания формы зависят не только от контраста изображения, но и от сложности самой формы. Различаются формы геометрически определенные и неопределенные, компактные и вытянутые (линейные), простые и сложные, плоские и объемные.

Геометрически определенная форма характерна для большинства видов техники и сооружений и является характерным признаком распознавания. Неопределенная форма присуща, как правило, природным объектам и образованиям (деревьям, озерам, оврагам и др.), а также таким искусственным объектам, как сельскохозяйственные угодья, карьеры, и не может часто служить постоянным и существенным признаком.

Компактная форма наблюдается у большинства искусственных объектов (военной и гражданской техники, промышленных и жилых зданий), а вытянутая (линейная) – характерна для таких простых объектов, как взлетно-посадочные полосы и рулежные дорожки аэродрома, насыпи, дороги, каналы и траншеи, а также для естественных образований – рек и ручьев. Вытянутые формы обнаруживаются и распознаются при более мелких масштабах, чем компактные. Вытянутая форма, например дороги и реки, является важным признаком распознавания, отличающим их от других объектов.

Возможности распознавания объектов простых и сложных форм зависят от информативности изображения. Простые формы при соответствии размеров изображения величине линейного разрешения распознаются практически при любом масштабе аэроснимка. Детали сложной формы с ухудшением разрешения постепенно исчезают, контуры изображения сглаживаются, и при определенных его значениях изображение может превратиться в пятно или полосу.

Плоские фигуры отличаются от объемных тем, что в общем случае они обычно однотонны. Объемные объекты всегда имеют определенное распределение светлых и темных тонов. Пространственная форма объекта является хорошим признаком распознавания, особенно при стереоскопическом рассматривании аэроснимков.

Размер изображения и определяемые по нему истинные размеры объекта и его деталей являются важным признаком распознавания, так как способствуют более точной классификации изображения и повышению подробности распознавания. Так, например, определение длины и размаха крыла транспортного самолета позволяет более определенно назвать его подкласс или тип, а размера резервуаров на складе горючего – их емкость. Необходимая точность определения размеров зависит от разницы в габаритах, существующей между классами, подклассами или типами распознаваемых объектов.

Абсолютные значения и соотношения линейных размеров объектов делят все объекты на три группы: компактные (точечные), линейные (протяжные) и площадные. Эта классификация особенно хорошо согласуется с особенностями восприятия изображения глазом человека.

Компактные объекты имеют исключительно малые размеры, часто соизмеримые с ЛРМ. К ним относятся отдельные постройки и сооружения, родники, колодцы, памятники, небольшие мосты и т.д. Большинство компактных объектов являются деталями других совокупностей объектов.

К линейным объектам относятся такие, у которых длина более, чем в три раза превосходит ширину: реки и ручьи, дороги, улицы, длинные мосты и т.п. при отнесении объекты к данному классу большую роль играет абсолютное значение линейных размеров. Например, жилой дом в сельской местности, имеющий размеры 20x5 м, несмотря на значительное соотношение размеров, следует считать компактным.

Площадные объекты имеют большие размеры. К ним относятся лесные массивы, рощи, луга, болота, населенные пункты, аэродромы и т.д.

В процессе распознавания изображений обычно определяется длина и ширина объекта или его деталей, реже высота. Во многих случаях значение размера как признака распознавания будет очень велико. Он может оказаться единственным важным признаком для выдачи более полной и подробной информации об объекте или для правильного представления об