

Какие существуют объективы и как выбрать подходящий?

Вы уже выбрали камеру, и теперь вам нужен подходящий объектив. Недостатка в выборе моделей нет, но какая из них лучше всего подойдет для вашей камеры? Для получения максимального качества изображения необходимо учитывать несколько важных критериев. Какую роль играет, например, поле изображения или диафрагма, и как они влияют на существенную разницу в цене между схожими на первый взгляд объективами?

В нашем новом техническом документе из серии «Обработка изображений для начинающих» мы даем ответы на эти вопросы и объясняем, как подобрать наилучшую комбинацию камеры и объектива.

Содержание

1. Крепления объективов.....	1
2. Поле изображения / размер сенсора	2
3. Фокусное расстояние	3
4. Типы объективов	4
5. Разрешение, размер пикселя, мегапиксели и маркетинг ...	4
6. Диафрагма: Диафрагменное число и типы диафрагм.....	6
7. Спектральный диапазон	7
8. Расстояние до объекта / масштаб изображения	7
9. Заключение и рекомендации	7

1. Крепления объективов

Перед выбором объектива взгляните на вашу камеру. Какое на ней крепление для объектива? Это крепление, так называемый «mount», прочно соединяет корпус камеры с объективом.

Здесь различают два вида механического соединения: байонетное (стандарт F-mount) и резьбовое (стандарты C-, CS-, S-mount). Расстояние между плоскостью крепления объектива и сенсором называется рабочим отрезком.

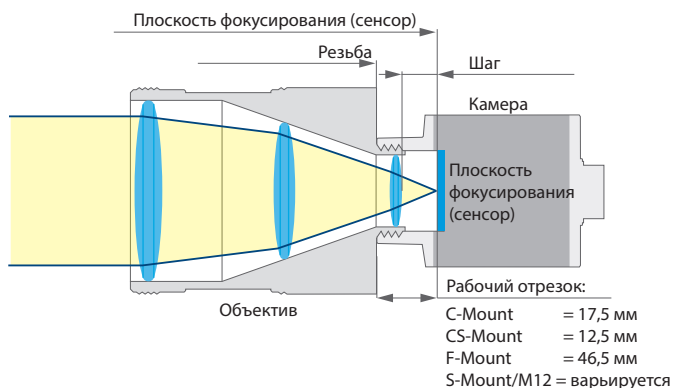


Рис. 1: Рабочие отрезки различных стандартов объективов

Существуют десятки различных типов креплений, но для камер машинного зрения (MV) чаще всего применяются следующие четыре:

- F-mount
- C-mount
- CS-mount
- S-mount (также называется M12)

Крепление	Рабочий отрезок	Макс. размер сенсора
F-mount	46,5 мм	~42 мм
C-mount	17,526 мм	~4/3"
CS-mount	12,5 мм	обычно 1/1,8", в редких случаях до ~4/3"
S-mount / M12	варьируется	~1/1,8", в очень редких случаях до ~2/3"

Рис. 2: Рабочие отрезки наиболее популярных креплений и соответствующие максимальные размеры сенсора

F-mount, или байонет F – это байонетное крепление объектива, разработанное Nikon преимущественно для зеркальных фотоаппаратов. Рабочий отрезок байонета F составляет 46,5 мм. Это крепление хорошо подходит для сенсоров размером больше 4/3", слишком крупных для крепления C-mount.

C-mount – это стандартное резьбовое крепление для объективов. Его резьба имеет номинальный диаметр в 1 дюйм (24,5 мм) и шаг 1/32 дюйма. Рабочий отрезок этого крепления составляет 17,526 мм (0,69 дюйма).

CS-mount аналогично креплению C-mount, за исключением рабочего отрезка, длина которого составляет 12,526 мм (0,493 дюйма). Объектив с креплением C-mount можно установить на камеру с креплением CS-mount с помощью адаптера 5 мм.

S-mount или M12 – это крепление с резьбой M12×0,5 мм, то есть диаметром всего 12 мм, которое преимущественно используется для установки очень маленьких объективов на бортовые камеры. Они хорошо подходят для сенсоров малого формата (менее 1/2"). В самом простом исполнении они встречаются в веб-камерах; в более высоком качестве – в системах промышленной обработки изображений.

Почему существует столько видов креплений? Потому что сенсоры имеют разные размеры, и объективы должны как можно точнее соответствовать этим размерам. Это означает, что для обеспечения оптимальной работы объектива его поле изображения должно быть того же размера, что и сенсор, или лишь немного больше. Если же поле изображения намного больше площади сенсора, то площадь за пределами сенсора оказывается «бесполезной», хотя ее можно было бы использовать для увеличения разрешения. Поэтому, например, объективы Basler Lenses идеально подходят для сенсоров оптического формата $1/2''$, так как их поле изображения подобрано именно под такой размер сенсора.

Определив, какое вам нужно крепление, можно перейти к выбору поля изображения.

2. Поле изображения / размер сенсора

Чтобы сенсор камеры использовался полностью, площадь, охватываемая объективом, должна быть равна или больше площади сенсора. В технических характеристиках объективов этот показатель часто называется «максимальное поле изображения» (англ. maximum image circle).

Размер большинства объективов с креплением C-mount – $2/3''$. Стоимость объективов $1''$ или $4/3''$ намного выше, и поэтому их использование оправдано только для сенсоров размером больше $2/3''$. В свою очередь, для сенсора значительно меньше $2/3''$ – то есть, менее $1/2''$ – имеет смысл выбрать объектив, специально предназначенный для небольших матриц, так как его характеристики, скорее всего, будут лучше при меньшей стоимости.

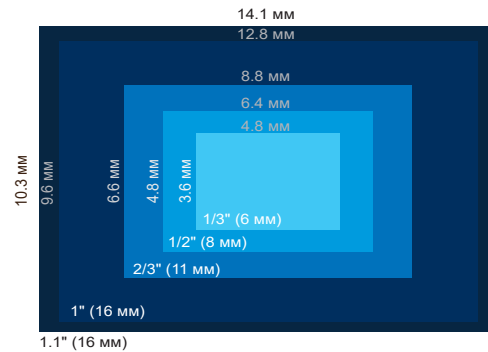


Рис. 3: Размеры некоторых форматов сенсоров

Таким образом, площадь сенсора $2/3''$ в четыре раза больше площади сенсора $1/3''$, и это позволяет разместить на ней либо большее число мелких пикселей, либо крупные пиксели, воспринимающие больше света. Тем самым этот параметр связан со светочувствительностью сенсора или камеры.

	APS-C	1.1"	1"	2/3" и меньше	1/1.8" и меньше	1/2" и меньше	1/2.5" и меньше	1/3" и меньше
Размер сенсора	28.2 мм	17.6 мм	13.4 - 16.1 мм	10.9 - 12.8 мм	8.7 - 9.5 мм	7.9 мм	6.3 - 7.1 мм	3.8 - 6 мм
≤ 20 Мп	CMV 12000, 5.5 мкм (12 Мп, 1.75")	IMX253/304, 3.45 мкм (12 Мп, 1.1")	IMX183, 2.4 мкм (20 Мп, 1")		IMX226, 1.85 мкм (12 Мп, 1/1.7")	MT9F002, 1.4 мкм (14 Мп, 1/2.3")		
≤ 10 Мп			IMX255/267, 3.45 мкм (9 Мп, 1")		IMX334, 2 мкм (8.3 Мп, 1/1.8")	MT9J003, 1.67 мкм (10 Мп, 1/2.3")		
≤ 5 Мп			PYTHON 5000, 4.8 мкм (5 Мп, 1")	IMX250/264, 3.45 мкм (5 Мп, 2/3")	IMX252/265, 3.45 мкм (3 Мп, 1/1.8")		IMX334ROI, 2 мкм (5 Мп, 1/2.8")	
			CMV4000, 5.5 мкм (4 Мп, 1")				MT9P 031, 2.2 мкм (5 Мп, 1/2.5")	
≤ 2.3 Мп			IMX174/249, 5.86 мкм (2.3 Мп, 1/1.2")	PYTHON 2000, 4.8 мкм (2.3 Мп, 2/3")	EV76C570, 4.5 мкм (2 Мп, 1/1.8")	IMX392, 3.45 мкм (2.3 Мп, 1/2.3")	IMX273, 3.45 мкм (1.6 Мп, 1/2.9")	AR0134, 3.75 мкм (1.2 Мп, 1/3")
			CMV2000, 5.5 мкм (2 Мп, 2/3")		EV76C560/661, 5.3 мкм (1.3 Мп, 1/1.8")	PYTHON 1300, 4.8 мкм (1.3 Мп, 1/2")		
VGA							IMX287, 6.9 мкм (0.3 Мп, 1/2.9")	PYTHON 500, 4.8 мкм (0.5 Мп, 1/3.6")
								PYTHON 300, 4.8 мкм (0.3 Мп, 1/4")

Рис. 4: Модели сенсоров разных марок в различных форматах, размерах и разрешениях. Внимание: для обозначения размеров сенсоров размером $1/2''$ или более применяется видеодюймовый дюйм, которые равен 16 мм, а не 25,4 мм. Для сенсоров менее $1/2''$ дюйм равен 18 мм.

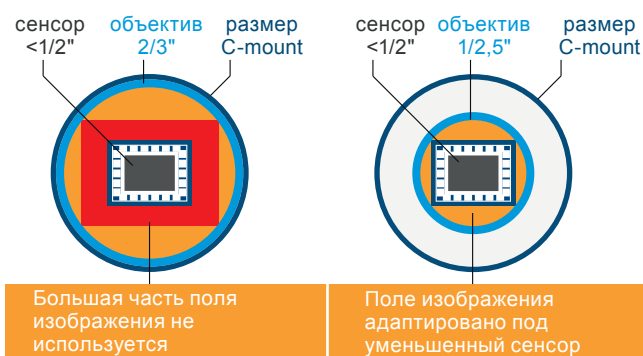


Рис. 5: Поле изображения, как можно более точно подобранное под размер сенсора, обеспечивает оптимальное использование объектива.

Определив нужный тип крепления и поле изображения, можно выбрать необходимое фокусное расстояние.

3. Фокусное расстояние

Фокусное расстояние и поле зрения					
Фокусное расстояние для 2/3"	очень маленькое	маленькое	обычное	большое	очень большое
Пример	2 мм	6 мм	12 мм	35 мм	100 мм
Название	рыбий глаз	широкоугольный (англ. wide angle)	нормальный телеобъектив	телеобъектив	супертелеобъектив

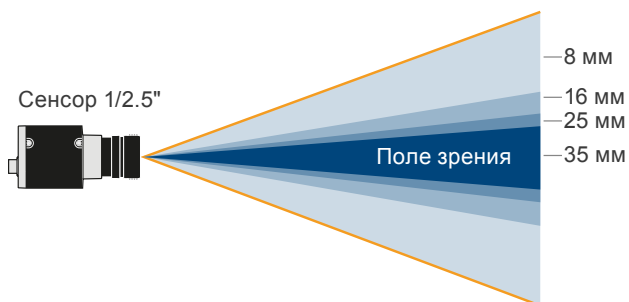


Рис. 6: С фокусным расстоянием меняется и поле зрения.

Чем больше фокусное расстояние, тем сильнее объектив приближает удаленный предмет и тем меньше становится поле зрения:



Широкоугольный объектив



Нормальный объектив



Телеобъектив

Рис. 7: Съемка из одной точки тремя разными объективами. Три разных фокусных расстояния дают три разных поля зрения. Слева фокусное расстояние $f = 6$ мм, в центре $f = 25$ мм, справа $f = 75$ мм.

Фокусное расстояние f передает расстояние от линзы объектива до фокуса.

В теории фокусное расстояние можно вычислить по следующей формуле:

$$\text{фокусное расстояние} = \frac{\text{размер изображения}}{\text{размер объекта} (+ \text{размер изображения})} \times \text{расстояние до объекта}$$

$$\text{или коротко: } f = \frac{B}{G + B} \times g$$

Примечание: «+B» или «+ размер изображения» взято в скобки, так как размер изображения обычно настолько мал, что при расчетах им можно пренебречь. Это значение не оказывает существенного влияния на вычисляемое фокусное расстояние f .

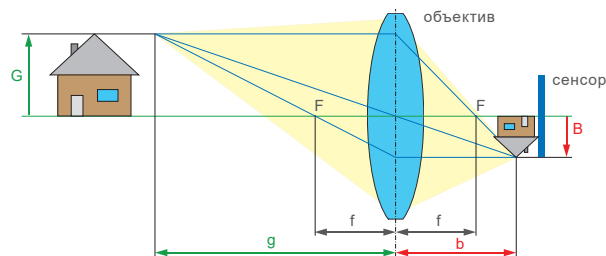


Рис. 8:

G = размер объекта

g = расстояние до объекта

B = размер изображения

b = расстояние до изображения

F = фокус

f = фокусное расстояние

На практике расчет осуществляется даже проще, без необходимости сложных вычислений по формулам. Некоторые производители размещают на своих сайтах специальные калькуляторы для подбора объективов, где можно ввести необходимые

параметры и получить требуемое фокусное расстояние, например, Kowa (<http://kowa.eu/lenses/calculator/>) или Basler (<http://www.baslerweb.com/ru/podderzhka/programmnye-sredstva/sredstvo-vybora-objektiva>).

Расчет фокусного расстояния с помощью такого калькулятора может выглядеть, например, так:

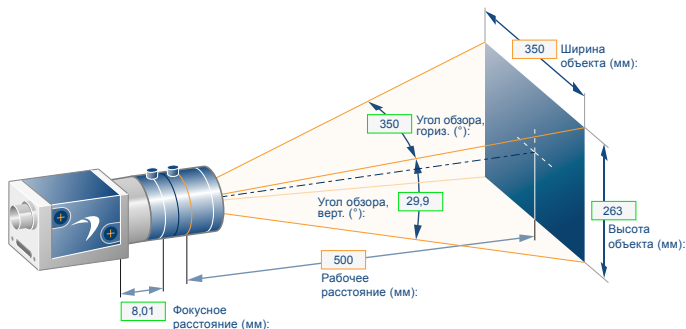


Рис. 9: Упрощенный расчет фокусного расстояния: пример онлайн-калькулятора для объективов.

На рынке объективов представлены не все фокусные расстояния. Большинство объективов имеют одно из следующих фокусных расстояний: 4, 6, 8, 12, 16, 25, 35, 50, 75 и 100 мм, при этом самые популярные фокусные расстояния находятся в диапазоне 8 мм - 25 мм. Если при расчете получилось «промежуточное» число, например, $f = 14,2$, то можно выбрать один из двух вариантов: при фокусном расстоянии 12 угол обзора камеры будет больше, а при фокусном расстоянии 16 обрежутся края изображения, и пиксели будут распределены по меньшей поверхности, что даст более высокое разрешение. Поэтому, как правило, в таких случаях выбирают $f = 12$.

По возможности лучше избегать зум-объективов. Если использование любого объектива с фиксированным фокусным расстоянием ведет к определенным компромиссам, то при переменном фокусном расстоянии их число только растет. Это неизбежно сказывается на качестве изображения.

4. Типы объективов

В зависимости от возможности регулировки фокуса различают три типа объективов:

1. Объективы с постоянным фокусным расстоянием:

применяются в промышленных камерах, имеют фиксированную настройку без возможности изменения (монофокальные).

2. Объективы с переменным фокусным расстоянием (зум-объективы):

классические объективы для потребительских камер с автоматической регулировкой резкости при изменении фокусного расстояния.

3. Вариообъективы:

стандартные объективы для сетевых камер, требуют повторной настройки при каждом изменении фокусного расстояния. Они аналогичны зум-объективам, но уступают им по оптическим свойствам.

Тип объектива	Описание	Пример использования
Объектив с фиксированным фокусом	Фокус не регулируется	Встречаются редко (например, в старых мобильных телефонах)
Объектив с постоянным фокусным расстоянием (FFL)/ prime lens	Постоянное фокусное расстояние, не регулируется	Стандартные объективы для машинного зрения
Вариообъектив	Фокусное расстояние регулируется	Объективы для IP-камер
Объектив с переменным фокусным расстоянием (зум-объектив)	Аналогичны вариообъективам, но с сохранением фокусировки при изменении фокусного расстояния	Зеркальные камеры

Рис. 10: Различные типы объективов и их свойства

Качество и цена: разница – в поле изображения, разрешении и диафрагме

Выбор нужного крепления, поля изображения и фокусного расстояния – это основные условия, необходимые для достижения базовой цели: получения изображения. Однако качество этого изображения может быть не идеальным.

Теперь надо найти «тот самый» объектив. При этом можно заметить, что множество производителей выпускают похожие продукты, но цена на них может существенно отличаться. Почему?

Сильнее всего на цену влияет поле изображения, разрешение и максимальное диафрагменное число. В определенных пределах параметров – например, в случае с диафрагмой при 1,4 или 1,8 – разброс цен может быть довольно небольшим. Однако при переходе к 1,2 цена значительно возрастает. То же и с разрешением: Разрешение VGA, 1 мегапиксель или 2 мегапикселя – на цену это почти не влияет. При этом разрешение 5 мегапикселей уже намного дороже. Все объективы с параметрами в определенных стандартных рамках имеют схожий уровень цены и качества.

5. Разрешение. Размер пикселей. Мегапиксели и маркетинг

Разрешение характеризует то, насколько мелкие детали можно различать на изображении. По черно-белому шаблону замечают, при какой минимальной ширине полос граница между черным и белым цветом остается четкой и хорошо заметной.

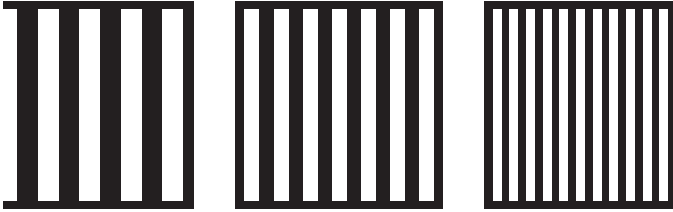


Рис. 11: Чем лучше видна граница между черными и белыми полосами, тем выше разрешение.

На практике разрешение показывает, при каком минимальном расстоянии между двумя линиями или точками их можно различить на изображении. Разрешение выражается либо в количестве пар линий на миллиметр – (пл/мм, одна черная и одна белая линия образуют одну пару), либо в размере пикселя в микронах.

По количеству пар линий на мм можно вычислить размер пикселя в микронах:

Размер пикселя в микронах = 1000 / 2x (пл/мм)

Размер пикселя определяет, какое количество света сенсор может преобразовать в сигнал. Поэтому матрица с крупными пикселями воспринимает больше света, чем матрица с мелкими пикселями.

Это относится и к самой матрице. Чем она больше, тем больше пространства для обработки сигнала, неважно, небольшим количеством крупных пикселей или большим количеством мелких. Большое количество пикселей в характеристиках камеры ассоциируется с большим разрешением, но при работе в сочетании с объективом это справедливо лишь отчасти. Объектив камеры должен быть максимально точно подобран под количество пикселей на сенсоре, сколько бы их ни было.

В технических характеристиках объективов число мегапикселей также часто выступает показателем разрешения. Однако гораздо более информативны размер пикселя в мкм и количество пар линий на миллиметр, так как они не зависят от размера сенсора, чего нельзя сказать о мегапикселях. Эти данные необходимо рассматривать в сочетании с размером сенсора. Пример: в идеальном варианте объектив для сенсора с 12 мегапикселями (12 млн. точек) должен иметь такое же разрешение. Только в этом случае можно говорить о «настоящем» разрешении 12 Мп. Если же разрешение объектива 5 мегапикселей, а сенсора камеры – 2 мегапикселя, то объектив будет распознавать очень мелкие детали и текстуры, но сенсор камеры их не сохранит.

Размер сенсора	2/3" (11 мм)	1/3" (6 мм)
Размер пикселя	3,45 мкм	3,75 мкм
Количество пикселей	5 Мп	1,3 Мп

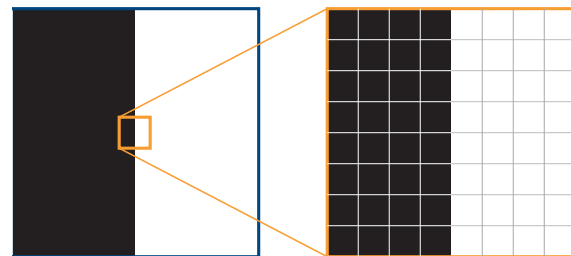
Рис. 12: Фактическое разрешение объектива складывается из размера сенсора, размера пикселя и разрешения.

Нередко объективы устанавливаются на камеры, которые фактически не могут полностью обеспечить то разрешение, о котором говорят высокие цифры в характеристиках сенсора. Качество получаемых изображений при этом лишь частично соответствует требованиям и ожиданиям, возникающим в промышленных сферах применения. Можно сказать, что число мегапикселей в этом случае используется как прием маркетинга. Поэтому важно понимать, что, хотя в целом сенсор с высоким разрешением – это плюс, без подходящего, соответствующего ему объектива он даст неполный результат.

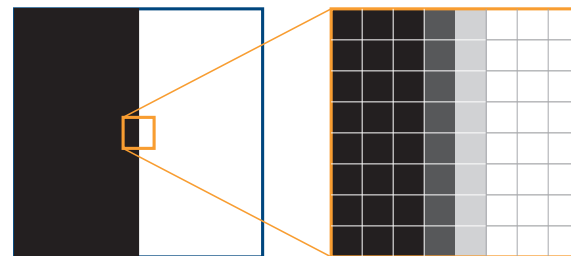
Что именно означает разрешение объектива в 5 мегапикселей?

При идеальном разрешении граница между белыми и черными линиями была бы безупречно четкой. Но это лишь в теории, так

как это физически невозможно. В реальности эти границы расплываются, и переход от черного к белому образуют участки серых тонов.



Теория



Реальность

Рис. 13: В теории граница между черными и белыми линиями четкая и ровная, но в реальности между ними всегда есть промежуточная зона серого цвета.

Чем ниже разрешение объектива, тем ниже четкость этого перехода. Частотно-контрастная характеристика (ЧКХ, англ. MTF) определяет, при каком разрешении (пл/мм или размер пикселя) объектив дает ту или иную контрастность (например, 25%).

$$\text{Разрешение (пл/мм)} = \frac{1000}{2 \times \text{размер пикселя (мкм)}} \quad \text{Размер пикселя (мкм)} = \frac{1000}{2 \times \text{разрешение (пл/мм)}}$$

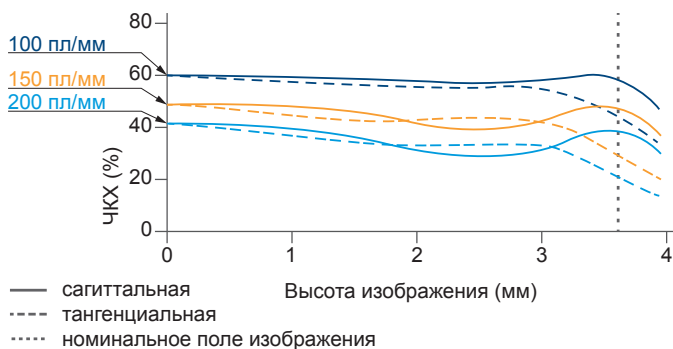


Рис. 14: Ось X показывает расстояние от центра изображения/сенсора. Ноль соответствует центру изображения, 4 – углу изображения при диагонали сенсора 2x4 мм = 8 мм. Графики показывают, как меняется контрастность между черными и белыми линиями при различном разрешении (100, 150, 200 пп/мм).

Таким образом, показатель разрешения (в Мп, пп/мм или мкм) информативен только в сочетании с величиной контрастности. Как правило, производители приводят данные для контрастности 25% – ЧКХ 25% считается хорошим компромиссным значением для резкости.

Если при съемке камерой с разрешением 2 Мп вы хотите добиться более высокой контрастности, чем это возможно при использовании объектива с тем же разрешением, здесь может быть оправдано применение объектива с разрешением 5 Мп. Мелкие текстуры, распознаваемые объективом, будут частично потеряны на матрице камеры, и объектив 5 Мп будет стоить дороже, чем объектив с меньшим разрешением, но контрастность будет заметно выше. Решение о том, нужны ли дополнительные вложения в этом случае, или достаточно и более низкой точности, зависит в первую очередь от сферы эксплуатации камеры и объектива.

6. Диафрагма

В технических характеристиках объективов можно встретить пункт «максимальное относительное отверстие» с величиной, например, 1:1,8 или 1:2,2. Это диафрагменное число k (англ. f-number или f-stop). Оно передает отношение фокусного расстояния (f) к диаметру отверстия диафрагмы (d):

$$k = f/d$$

Чем больше диафрагменное число, тем меньше отверстие и тем меньше света проходит через объектив.

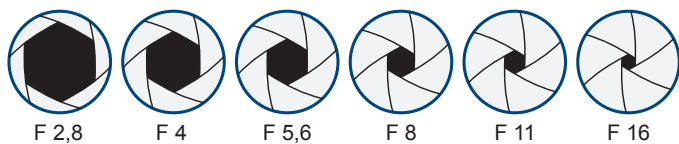


Рис. 15: Изменение светового потока при росте диафрагменного числа.

Шкала диафрагменных чисел передает отношение между диафрагменным числом k и снижением светового потока:

Диафрагменное число k	1	1,4	2	2,8	4	5,6	8	11	16
Коэффициент затемнения	1	2	4	8	16	32	64	128	256

Рис. 16: Чем больше диафрагменное число, тем сильнее затемнение и тем меньше света попадает на поверхность сенсора.

Это означает, что при маленькой диафрагме (то есть большом диафрагменном числе), например, 16, через объектив проходит в 256 раз меньше света, чем при большой диафрагме (то есть низком диафрагменном числе) 1.

Диафрагменное число записывается различными способами:

Способ записи	Пример
1 : k	1:1,4
1 / k	1/1,4
f / k	f/1,4
F / k	F/1,4
F k	F 1,4

Рис. 17: Одно значение – разные способы записи.

Объективы могут оснащаться разными типами диафрагм. Отверстие, формируемое диафрагмой, также называется апертурой или иногда «зрачком» (англ. iris).

апертурой или иногда «зрачком» (англ. iris).

Фиксированная диафрагма	Фиксированная диафрагма	S-mount/M12, мобильные телефоны
Ручная диафрагма	Диафрагма с ручной регулировкой	Стандартные объективы для машинного зрения
Диафрагмы	Диафрагма с электроприводом регулировки	Объективы для IP-камер
P-Iris	Диафрагма с электроприводом регулировки	Объективы для IP-камер

Рис. 18: Различные типы диафрагм и их свойства.

Фиксированная диафрагма (fixed iris) представляет собой диафрагму без регулировки. Чаще всего применяется в объективах с креплением S-mount.

Ручная диафрагма (manual iris) имеет возможность регулировки, вручную. Применяется в промышленных объективах и объективах IP-камер.

Диафрагмы DC-iris, P-iris настраиваются непосредственно камерой в зависимости от условий освещенности. Эта функция особенно важна для сетевых уличных камер, например, в системах слежения или интеллектуальной дорожной регулировки.

Использовать функцию автоматической настройки диафрагмы в большинстве случаев не рекомендуется, так как изменение размера диафрагмы, то есть диафрагменного числа, для настройки освещенности изображения неизбежно ведет к изменению глубины резкости (глубина резко изображаемого пространства или ГРИП, англ. Depth of Focus или DOF). Время освещенности с той же эффективностью можно регулировать электронными средствами, изменяя выдержку.

Чем меньше диафрагма и чем выше диафрагменное число, тем меньше воздействие дефектов съемки и тем больше глубина резкости. Однако по мере уменьшения диафрагмы изображение не становится более резким бесконечно, так как в какой-то момент это приведет к дифракции и тем самым к снижению резкости. Таким образом, существует оптимальная величина диафрагмы, при которой резкость изображения будет максимальной. Для камер машинного зрения эта величина лежит в промежутке от 1:2,0 (для размера пикселя менее 3 мкм и объектива с очень высоким разрешением) до 1:11 (для размера пикселя более 10 мкм и объектива с низким разрешением).

Многие объективы для камер машинного зрения имеют диафрагменное число от 1:1,4. У объективов с очень высоким разрешением или фокусным расстоянием от 35 мм и выше диафрагменные числа часто начинаются от 1:2,0 - 1:2,8. Поскольку у большинства объективов диафрагма регулируется вручную, ее, конечно, можно уменьшить. Однако в этом случае, как и при слишком большом поле изображения, возможности дорогостоящего объектива не будут реализованы полностью. Поэтому при выборе объектива для условий с достаточным освещением лучше отдать предпочтение объективу с наименьшей диафрагмой.

7. Спектральный диапазон

Обычные объективы рассчитаны на видимый диапазон световых волн, то есть на длину волны 400-700 нм. Это означает, что в инфракрасном диапазоне они дают только размытые изображения. Такое изображение может быть приемлемым при использовании только инфракрасного света. Если же объектив должен с одинаковой резкостью фиксировать изображения в обычном и инфракрасном свете, он должен покрывать диапазон 400-1000 нм. Такая характеристика удорожает объектив или достигается за счет снижения других параметров.

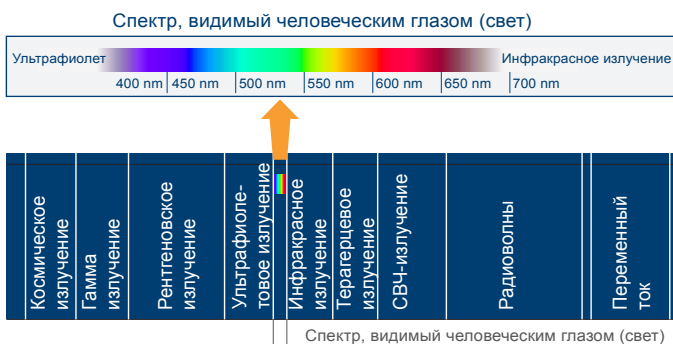


Abb. 19: Диапазон световых волн (Источник: Википедия)

8. Расстояние до объекта / масштаб изображения

Большинство объективов для камер машинного зрения рассчитаны на расстояние до объекта около 50 см, что соответствует среднему расстоянию между камерой и объектом в промышленных условиях.

Обычные объективы дают оптимальный результат в масштабе от $1:\infty$ до 1:10 (размер сенсора: размер объекта). Обычно этот диапазон ограничивается минимальным расстоянием до объекта (англ. Minimal Object Distance или MOD). Это расстояние и масштаб можно увеличить, установив промежуточные кольца между камерой и объективом. Но объектив не предназначен для такого масштаба, и качество изображения в таких случаях, как правило, страдает. Поэтому для достижения максимального качества изображения промежуточные кольца лучше не использовать.

Когда требуется масштаб более 1:10, что нередко бывает в промышленных условиях, можно воспользоваться объективами для макросъемки, которые покрывают диапазон примерно от 1:10 до 1:1.

Для увеличения с масштабом ≥ 5 (пятикратного и выше) применяются объективы для микроскопов.

9. Заключение

Для подбора подходящего объектива рекомендуется последовательно оценить объектив по главным критериям. Вкратце эти критерии таковы:

1. Крепление для объектива на камере определяет, какое крепление должно быть на объективе, чтобы его можно было надежно установить на корпус камеры.
2. Поле изображения объектива должно быть как можно ближе к размеру сенсора камеры. Эта величина обычно указывается в технических характеристиках объектива в графе «максимальное поле изображения» (англ. maximum image circle).
3. Для вычисления оптимального фокусного расстояния можно воспользоваться онлайн-калькуляторами на сайтах производителей объективов.
4. Выбор типа объектива зависит от того, потребуется ли в вашей сфере применения регулировка фокусного расстояния, или это значение останется неизменным.
5. Убедитесь, что разрешение сенсора поддерживается разрешением объектива. Большое число мегапикселей само по себе не информативно.
6. Ознакомьтесь с различными типами диафрагм и диафрагменными числами. В технических характеристиках диафрагменное число часто называется «максимальным относительным отверстием» (англ. maximum relative aperture).
7. Какую часть спектра должен покрывать объектив – только видимую или также и инфракрасный диапазон?
8. Обратите внимание на минимальное расстояние до объекта съемки (англ. MOD). Это расстояние определяет масштаб изображения и оказывает большое влияние на качество снимков.

Как правило, объективы оптимизируются по определенным показателям производительности. Таким образом, идет постоянный поиск оптимального соотношения диафрагменного числа, поля изображения/размера сенсора, спектрального диапазона, разрешения и, не в последнюю очередь, стоимости.

Автор



**доктор Кристоф Черановски
(Christoph Czeranowski)**

старший технический архитектор

Кристоф Черановски является старшим разработчиком в подразделении системных технологий. Он контролирует техническое качество продукции, отвечает за качество технического исполнения многих моделей камер и занимается сопровождением нескольких международных премиум-заказчиков в качестве технического консультанта. С 2013 года он занимает должность технического архитектора, отвечая за качество изображения камер Basler, подбор и оценку объективов.

Контактные данные

доктор Кристоф Черановски (Christoph Czeranowski)
старший технический архитектор

Тел. +49 4102 463 535
Факс +49 4102 463 46535
Эл. почта: Christoph.Czeranowski@baslerweb.com

Basler AG
An der Strusbek 60-62
D-22926 Ahrensburg
Германия

О компании Basler

Компания Basler является ведущим мировым производителем высококачественных камер и компонентов для различных областей, включая автоматизацию производства, медицину, контроль дорожного движения и многие другие.

В ассортименте Basler представлены линейные и матричные камеры в компактном корпусе, модули камер в бескорпусном исполнении для встраиваемых систем машинного зрения и 3D-камеры. Широкий выбор камер дополняется удобным SDK в составе пакета программного обеспечения ruIon и многообразием компонентов, в том числе специально разработанных для Basler и поэтому идеально совместимых с камерами Basler. Опыт Basler в области компьютерного зрения составляет 30 лет. Штаб Basler Group насчитывает около 800 сотрудников, занятых в главном офисе в Аренсбурге (Германия) и региональных подразделениях в Европе, Азии и Северной Америке.

©Basler AG, 04/2020

Дополнительную информацию о политике конфиденциальности и об исключении ответственности можно получить по ссылке www.baslerweb.com/disclaimer-ru

Basler AG
Головной офис в Германии
Тел. +49 4102 463 500
Факс +49 4102 463 599
sales.europe@baslerweb.com
www.baslerweb.com

Basler, Inc.
США
Тел. +1 610 280 0171
Факс +1 610 280 7608
sales.usa@baslerweb.com

Basler Asia Pte Ltd.
Сингапур
Тел. +65 6367 1355
Факс +65 6367 1255
sales.asia@baslerweb.com

BASLER
the power of sight