

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОБЗОР

# Технология Lightfinder

Высочайшее качество изображения в условиях  
сложного освещения

Сентябрь 2021

# Содержание

1	Краткая информация	3
2	Введение	3
3	Да будет свет – предыстория	4
	3.1 Регистрация света	4
	3.2 Измерение освещенности – люксы	5
	3.3 Светочувствительность – минимальная освещенность	6
4	Ключевые составляющие Lightfinder	6
5	Ключевые преимущества Lightfinder	8
	5.1 Цветное видео для точной идентификации при очень низкой освещенности	8
	5.2 Другие преимущества, связанные с экспозицией и диафрагмой	11
6	Технология Lightfinder 2.0	13
	6.1 Преимущества	13
	6.2 Пример	13

# 1 Краткая информация

Технология Axis Lightfinder резко повышает светочувствительность сетевых камер. При очень слабом освещении, когда другие камеры переключались бы на ночной режим и монохромное видео, камеры с технологией Lightfinder продолжают работать в дневном режиме, сохраняя цветопередачу. При этом в охранном видеонаблюдении цвет может быть критически важным фактором, позволяющим идентифицировать человека, предмет или автомобиль.

Технология Lightfinder полезна не только при очень низкой освещенности, но и в других ситуациях, когда уровень освещенности оказывается ниже типичных для помещений значений. Довольствуясь слабым освещением для обеспечения высокого качества изображения, камера с технологией Lightfinder способна работать с более короткой выдержкой и за счет этого сводить к минимуму размытие и помехи.

Приведенные в этом обзоре примеры изображений сняты с применением технологии Lightfinder при слабом освещении в специальной студии с тщательно контролируруемыми условиями освещения. При интенсивности освещения в диапазоне 1,5 – 5 люкс сцена воспринимается человеческим глазом как очень темная, но камера передает изображение как обманчиво яркое. При снижении освещенности примерно до 0,5 люкс человеческий глаз теряет способность воспринимать цвет и детали изображения, тогда как на изображении с видеокamеры сохраняются яркие цвета. При освещенности всего 0,02 люкс, которую человеческий глаз воспринимает практически как полную темноту, где едва различимы лишь самые светлые предметы, камера все еще передает изображение в цвете.

Технология Lightfinder представляет собой тщательно продуманное и сбалансированное сочетание первоклассных оптических элементов (в частности, высококачественных объективов) со специально подобранной светочувствительной матрицей, оптимизированной для нужд охранного видеонаблюдения. В системный чипсет встроены алгоритмы обработки цифровых изображений. Одновременно с постоянным совершенствованием этих составляющих совершенствуется и сама технология Lightfinder. В версии Lightfinder 2.0 реализованы такие принципиально новые усовершенствования, как повышенная светочувствительность, более реалистичная цветопередача, возможность индивидуальной настройки для опытных пользователей.

Технология Lightfinder базируется на обширных знаниях в области обработки цвета, фильтрации и оптимизации изображений. Технологии Lightfinder и Axis Zipstream, оптимизированные для совместной работы, обеспечивают предельно точное сжатие изображений с сохранением деталей, благодаря чему снижается не только средний битрейт видео, но и затраты на накопители данных.

## 2 Введение

Разработанная компанией Axis технология Lightfinder позволяет получать с сетевых видеокамер высококачественное цветное видео даже в условиях очень слабого освещения. В основе этой технологии лежит уникальное сочетание светочувствительной матрицы и высокоэффективного объектива, а также оптимизированные алгоритмы обработки изображения, реализованные в современном видеопроцессоре камеры.

Сетевые камеры с технологией Lightfinder будут полезны в ситуациях видеонаблюдения в условиях низкой освещенности: на парковках, при городском видеонаблюдении, на территориях кампусов, на стройплощадках — везде, где цветное видео может существенно улучшить возможности эффективной идентификации людей, автомобилей и инцидентов.

В этом техническом обзоре представлены основные элементы и ключевые преимущества технологии Lightfinder. Для иллюстрации качества изображения приводятся стоп-кадры видеозаписей, полученных с помощью технологии Lightfinder при низкой освещенности в контролируемых условиях

освещения. Однако для более глубокого понимания технологии мы начнем с рассмотрения того, что такое свет, как он воспринимается и как измеряется освещенность.

### 3 Да будет свет – предыстория

Свет состоит из дискретных порций электромагнитной энергии – фотонов. Фотоны имеют разную энергию в зависимости от длины световых волн. В диапазоне видимого света волны разной длины воспринимаются как разные цвета. На приведенной ниже иллюстрации представлены несколько диапазонов энергии в пределах электромагнитного спектра.

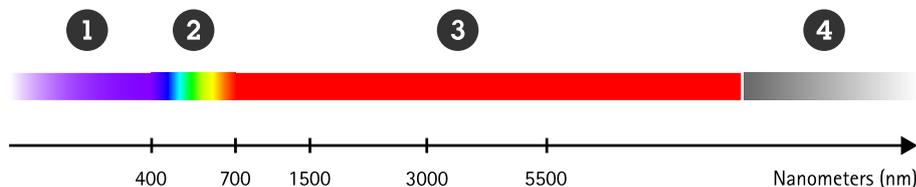


Figure 1. Часть электромагнитного спектра с диапазонами энергии в зависимости от длины волн (в нанометрах). Диапазоны энергии слева направо: (1) ультрафиолетовое излучение, (2) видимый свет, (3) инфракрасное излучение, (4) микроволновое излучение.

Обратите внимание на то, что инфракрасный диапазон, в свою очередь, делится на несколько поддиапазонов: ближний, коротковолновый, средний, длинноволновый и дальний инфракрасный.

#### 3.1 Регистрация света

Человеческий глаз воспринимает свет (фотоны) с волнами длиной в диапазоне приблизительно от 400 до 700 нм (видимый спектр). Глаз имеет два типа светочувствительных клеток – палочки и колбочки, оптимизированные для восприятия света разной интенсивности и с волнами разной длины. Колбочки обеспечивают цветное зрение, но для цветовосприятия необходим сильный свет (достаточное количество фотонов). Палочки, в свою очередь, могут детектировать очень малые количества света (достаточно буквально нескольких фотонов), но поскольку они не различают свет с разными длинами волн, они не воспринимают информацию о цвете. Поэтому человеческий глаз при очень слабом освещении теряет способность различать цвета: колбочки перестают воспринимать свет, а палочки продолжают работать.

В цифровой камере эквивалентом палочек и колбочек являются миллионы светочувствительных элементов матрицы (пикселей). Помимо фотонов видимого диапазона, матрица цифровой камеры воспринимает и фотоны с немного большей длиной волны (от 700 до 1000 нм), относящиеся к ближнему инфракрасному (ИК) диапазону. Свет ближнего ИК-диапазона обычно присутствует как в солнечном, так и в искусственном свете.

При очень слабом освещении в видимом диапазоне цифровая камера (если это камера с переключаемыми дневным и ночным режимами, снабженная отключаемым инфракрасным режекторным фильтром) может использовать для формирования изображения имеющийся свет ближнего ИК-диапазона. Однако этот свет не несет в себе информации о цветности, поэтому при очень слабом видимом свете человеческий глаз и обычные камеры типа "день/ночь" воспринимают любые изображения исключительно как монохромные.

А вот камеры с технологией Lightfinder сохраняют "цветное зрение" и способность к цветопередаче, даже если освещение падает до уровня гораздо ниже того, при котором человеческий глаз теряет способность воспринимать цвета.

Кроме того, камерами с технологией Lightfinder в сочетании с источниками ИК-освещения можно пользоваться в ночном режиме. Монохромные инфракрасные изображения, снятые в ночном режиме, бывают чрезвычайно полезными, например, для интеллектуального анализа видео, однако во многих ситуациях естественно выглядящее цветное видео дневного режима несомненно более привлекательно.



Figure 2. Стоп-кадр видео ночного режима, в котором камера с технологией Lightfinder оптимально использует имеющееся освещение.

### 3.2 Измерение освещенности — люксы

Мерой интенсивности света является освещенность — световой поток, падающий на единицу площади. Абсолютную (радиометрическую) освещенность измеряют в энергетических единицах ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ). Другой подход к измерению освещенности предусматривает взвешивание с использованием функции чувствительности человеческого глаза — стандартной модели, описывающей восприятие освещенности человеческим глазом при разных длинах волн. Измеренная таким образом освещенность представляет уровень освещения, воспринимаемый человеческим глазом. Освещенность измеряют в люксах (лк); один люкс равен одному люмену на квадратный метр.

Освещение естественных сцен часто бывает сложным; сцена может иметь затененные и ярко освещенные участки с разной величиной освещенности. Освещенность в один люкс не характеризует состояние освещения всей сцены в целом, а также ничего не говорит о направлении освещения. Тем не менее измерение освещенности дает ценную информацию для оценки общего состояния освещения и сравнения разных сцен. В приведенной ниже таблице представлены типичные значения освещенности в разных ситуациях.

Таблица 3.1 Освещенность в разных ситуациях.

Освещенность	Описание
0,05 – 0,3 люкс	Освещенность от полной луны в ясную ночь

Таблица 3.1. Освещенность в разных ситуациях. (Продолжение)

1 люкс	Свеча на расстоянии 1 м
80 люкс	Коридор офисного здания
500 люкс	Офисное освещение
10 000 люкс	Ясный день
100 000 люкс	Яркое солнце

### 3.3 Светочувствительность – минимальная освещенность

Многие производители указывают в качестве светочувствительности сетевых видеокамер минимальный уровень освещенности, необходимый для получения изображения приемлемого качества. Хотя эти характеристики полезны для сравнения светочувствительности камер одного производителя, использовать их для сравнения продукции разных марок следует с осторожностью. Поскольку общей стандартной методики измерения минимальной освещенности не существует, разные производители пользуются разной методикой и критериями оценки приемлемости изображения.

## 4 Ключевые составляющие Lightfinder

Технология Lightfinder успешно сочетает в себе специальные высококачественные оптические компоненты с высокоэффективными функциями цифровой обработки изображений, реализованных

в системном чипсете, специально разработанном для охранного видеонаблюдения. Одновременно с постоянным совершенствованием этих составляющих совершенствуется и технология Lightfinder.

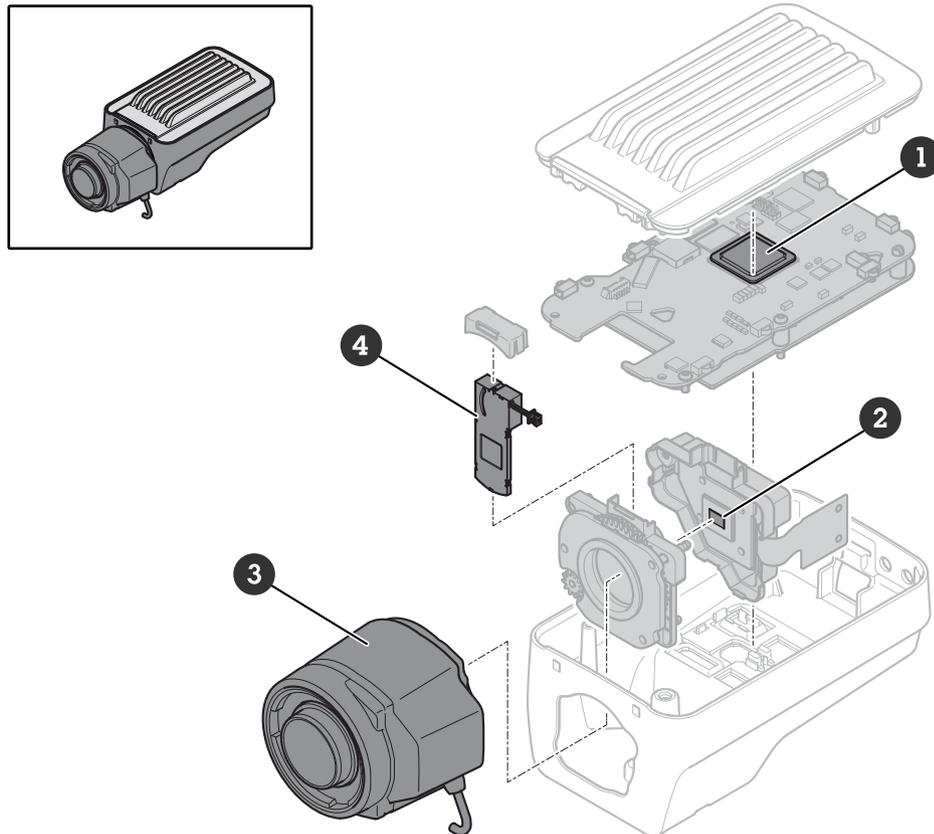


Figure 3. Составные элементы сетевой видеокамеры Axis. Выделены те из них, которые оптимизированы в рамках технологии Lightfinder: (1) системный чипсет со встроенным модулем обработки сигналов, (2) светочувствительная матрица, (3) объектив и (4) фильтры.

Свет, собранный и сфокусированный высококачественным объективом, попадает на ключевой элемент любой цифровой камеры — светочувствительную матрицу. Матрица — это электронно-оптический компонент, состоящий из набора светочувствительных детекторов фотонов, преобразующих свет в электрические сигналы. Всё оборудование с технологией Lightfinder оснащается специально подобранной высокочувствительной КМОП-матрицей с характеристиками, оптимальными для охранного видеонаблюдения.

Не менее важную роль, нежели матрица, играют алгоритмы обработки цифровых изображений, встроенные в модуль ISP системного чипсета. Эта интегральная микросхема, разработанная специально для охранного видеонаблюдения с применением самых высоких технологий, выбрала в себя максимально возможное число цифровых структурных элементов. Алгоритмы обработки позволяют в реальном времени удалять шум, восстанавливать цвета и улучшать четкость каждого кадра, получая максимально пригодное для использования видео даже при очень слабом сигнале с матрицы. Приоритет при обработке изображений всегда отдается сохранению их содержимого перед чрезмерной фильтрацией, которая может привести к удалению важных деталей. Для видеонаблюдения особенно важно, чтобы алгоритмы обработки изображения не разрушали содержащуюся в поле обзора информацию, которая служит материалом для анализа. Алгоритмы должны работать разумным и предсказуемым образом, ни в коем случае не внося в изображение дополнительную информацию в попытке его "приукрасить".

Благодаря тщательной настройке оптического тракта и оптимизации цифровых алгоритмов можно достичь высочайших характеристик камеры при самых разных условиях освещенности, в том числе в самых сложных ситуациях при низкой освещенности. В камерах с технологией Lightfinder объектив и матрица согласованы с другими оптическими элементами, например, фильтрами объектива, таким образом, чтобы достичь максимальной светочувствительности и разрешения без образования артефактов. Технологии Lightfinder и Axis Zipstream, оптимизированные для совместной работы, обеспечивают предельно точное сжатие изображений с сохранением деталей, что позволяет снижать не только средний битрейт видео, но и затраты на накопители данных.

## **5 Ключевые преимущества Lightfinder**

Технология Lightfinder не только позволяет камере передавать цвета при крайне слабом освещении, но и обеспечивает высокое качество видеосъемки с незначительными помехами и минимальным размытием изображения движущихся объектов. Это связано с тем, что высокая светочувствительность позволяет использовать короткую выдержку.

### **5.1 Цветное видео для точной идентификации при очень низкой освещенности**

При очень слабом освещении, когда другие камеры типа "день/ночь" переключались бы на ночной режим и монохромное видео, камеры с технологией Lightfinder продолжают работать в дневном режиме, сохраняя цветопередачу. Цветное изображение с камеры видеонаблюдения может иметь колоссальное значение для успешного распознавания людей, автомобилей и происшествий. Предоставляя оператору возможность быстро и точно передавать цвет одежды и автомобилей, технология Lightfinder помогает оперативно реагировать на происшествия и точно идентифицировать участников.

#### **5.1.1 Примеры работы Lightfinder при разных уровнях освещенности**

Для демонстрации возможностей технологии Lightfinder при слабом освещении в этом разделе представлены последовательные изображения, снятые видеокамерой с технологией Lightfinder в студии с тщательно контролируемыми условиями освещения.

Сетевая камера AXIS Q1645, оснащенная сверх светосильным объективом F0.9, установлена на расстоянии 10 м от набора цветных предметов. Камера работает с выдержкой 1/30, достаточной для съемки также и движущихся объектов, а функция WDR отключена.

На первом изображении представлены результаты съемки камерой при освещении от 1,5 (возле трехколесного велосипеда) до 5 люкс (на уровне пояса манекенов). Следует отметить, что даже после достаточного времени адаптации человеческий глаз воспринимает эту сцену (с такого же расстояния 10 м до объектов при обзоре рядом с камерой) значительно более темной, чем представленное здесь

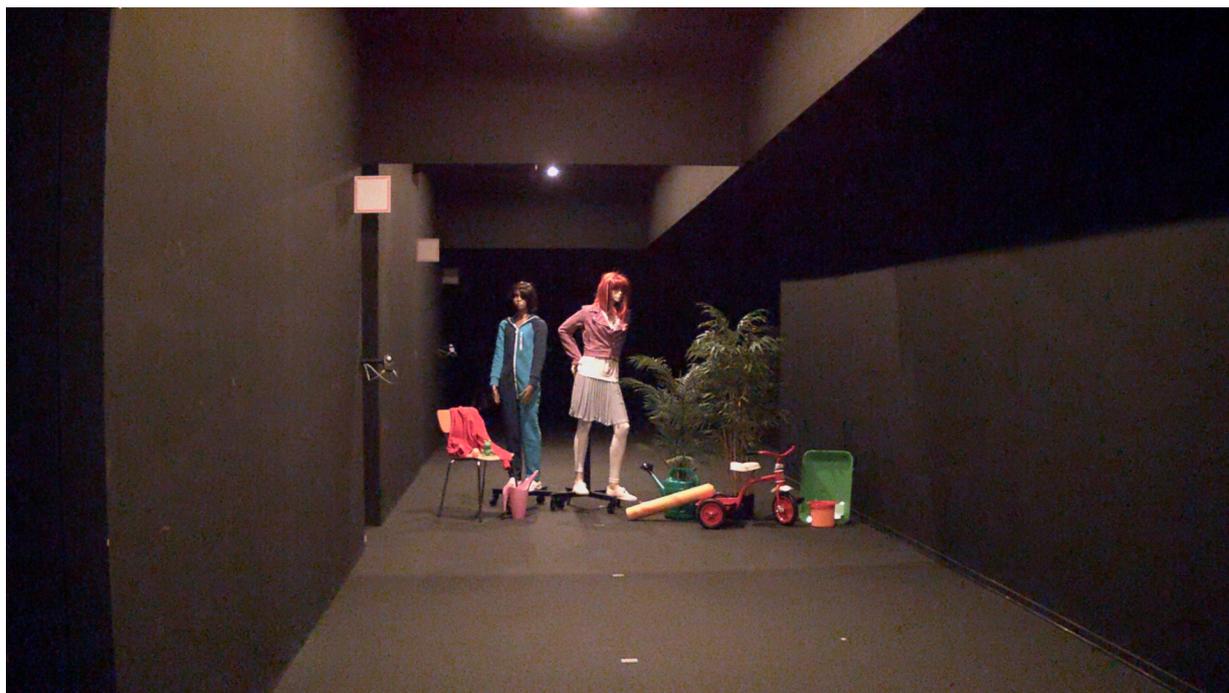
изображение. Глаз все еще различает цвета, но уровень освещенности можно характеризовать как "некомфортно низкий".



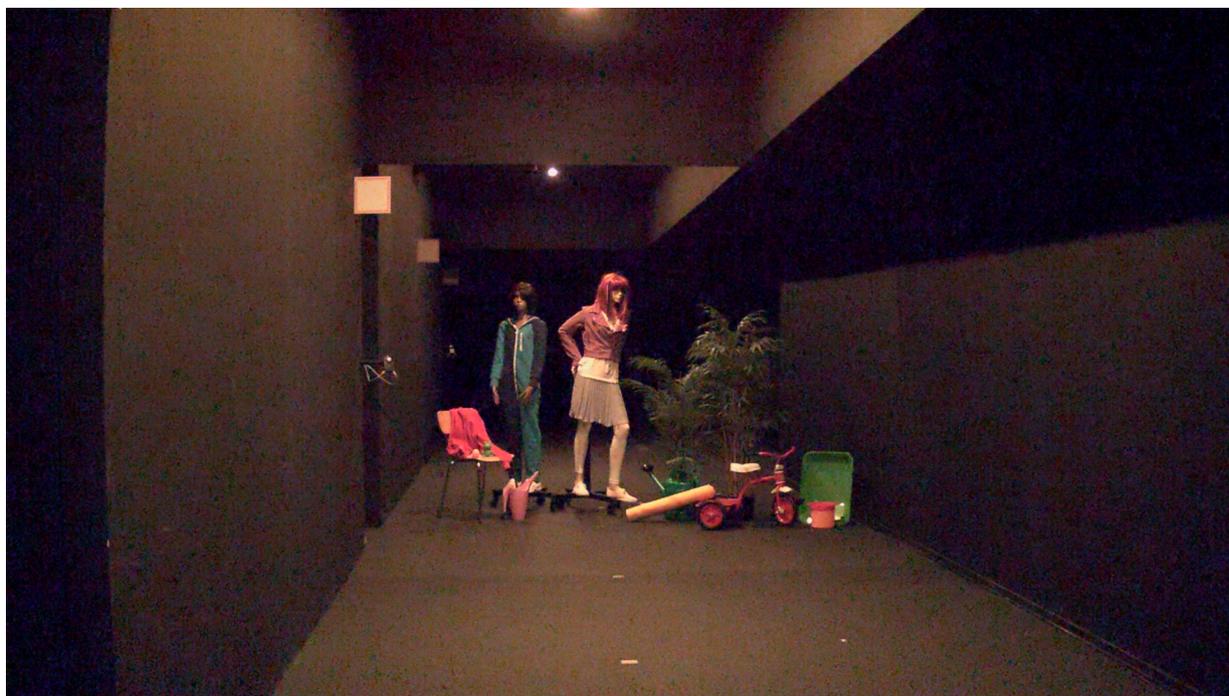
*Figure 4. Студийная сцена с освещенностью от 1,5 (возле трехколесного велосипеда) до 5 люкс (на уровне пояса манекенов). Камера с технологией Lightfinder обеспечивает четкую цветопередачу при обманчивой яркости изображения. Человеческий глаз тоже распознаёт цвета, но воспринимает сцену как очень темную.*

На трех следующих обрезанных изображениях представлена та же самая сцена, снятая тем же оборудованием, только с постоянно снижающимся уровнем освещенности. На уровне приблизительно 0,5 люкс человеческий глаз теряет способность цветовосприятия, тогда как камера с технологией Lightfinder продолжает воспроизводить яркие цвета. На самом деле камера с технологией Lightfinder сохраняет "цветное зрение" вплоть до самых низких уровней освещенности, достигнутых в испытании, а именно 0,02 – 0,08 люкс. При таком освещении человеческий глаз не различает ни

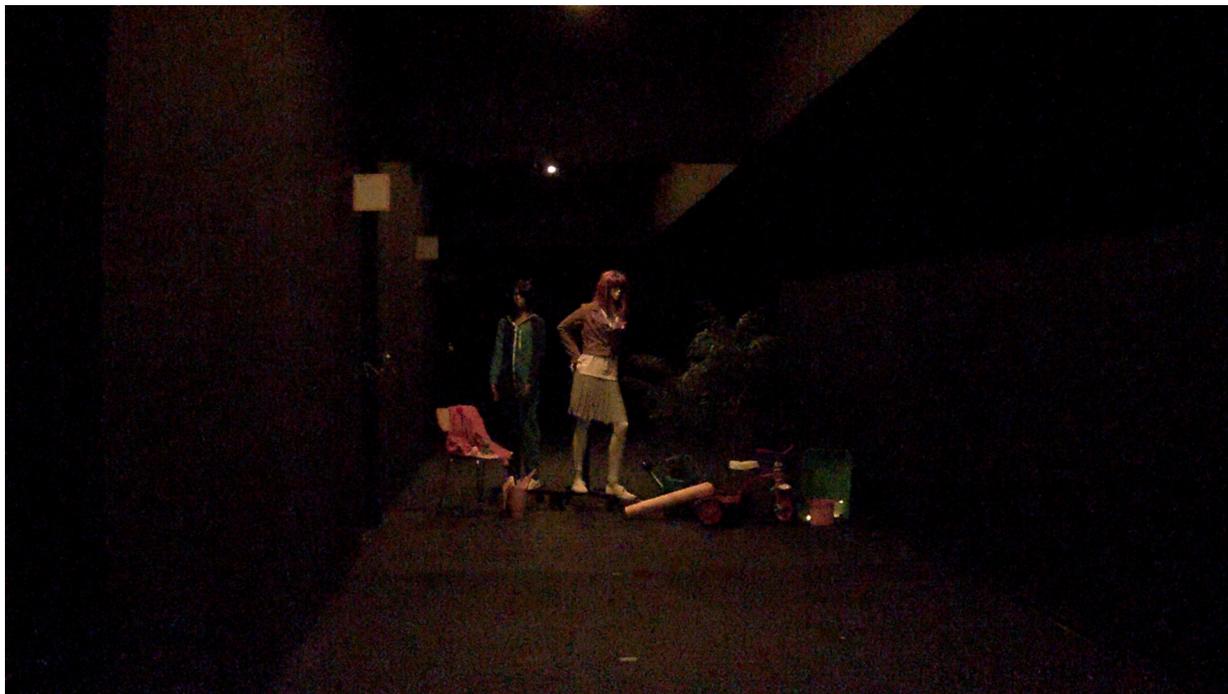
цветов, ни деталей, а сцена воспринимается практически как полная темнота, где лишь слегка проглядывают самые светлые объекты.



*Figure 5. Освещенность возле объектов составляет 0,2 – 0,7 люкс. Камера с технологией Lightfinder дает яркое цветное изображение. Для человеческого глаза возможность различать цвета под сомнением, видны лишь светлые поверхности с очень плохой детализацией.*



*Figure 6. Освещенность возле объектов составляет 0,1 – 0,3 люкс. Камера с технологией Lightfinder передает менее четкое, но всё еще весьма детализированное цветное изображение. Человеческий глаз не различает темные поверхности и не видит деталей и цветов.*



*Figure 7. Освещенность возле объектов составляет 0,02 – 0,08 люкс. Камера с технологией Lightfinder дает темное изображение с ослабленными, но различимыми цветами. Человеческий глаз лишь смутно различает самые светлые поверхности и не видит никаких деталей и цветов.*

## **5.2 Другие преимущества, связанные с экспозицией и диафрагмой**

Исключительно высокая светочувствительность камеры с технологией Lightfinder полезна не только при очень слабом освещении, но и в других ситуациях, когда уровень освещенности ниже типичного для помещений. Требуя для получения качественного изображения меньше света, камера с технологией Lightfinder может, например, работать на более короткой выдержке или при меньшем отверстии диафрагмы, что дает свои преимущества.

Например, Lightfinder позволяет:

- уменьшить размытие движущихся объектов (за счет более короткой выдержки)
- снизить шумы (за счет сокращения времени выдержки)
- использовать более длиннофокусные объективы (которые, как правило, для получения хорошего изображения требуют более коротких выдержек)
- увеличить глубину резкости (за счет использования меньшего отверстия диафрагмы).
- снизить шумы (за счет меньшего цифрового усиления)
- улучшить эффективность функции WDR (и соответственно снизить шумы) в темных частях изображения.

Выдержка — это время, в течение которого матрица камеры собирает фотоны (и преобразует их в электрические сигналы), прежде чем измерить результаты подсчета для каждого пикселя и

сформировать на их основе изображение. После этого все пиксели матрицы очищаются, и сбор фотонов начинается заново.

При слабом освещении матрица нуждается в более длительной выдержке, чтобы собрать достаточно фотонов для получения пригодного к использованию изображения. Если выдержка недостаточна, а изображение получилось слишком темным, его можно сделать светлее цифровыми методами, но лишь ценой увеличения помех. С другой стороны, чем длительнее выдержка, тем сильнее размытость объектов, быстро движущихся перед светочувствительной матрицей во время экспозиции. Размытие изображения движущихся предметов – типичная проблема, возникающая при съемке в условиях ограниченного освещения.



*Figure 8. Длительная выдержка может привести к заметному размытию движущихся объектов. На этом стоп-кадре номерной знак мог стать различимым при более короткой выдержке.*

Позволяя сократить выдержку, технология Lightfinder дает возможность уменьшить размытие движущихся объектов. Это особенно важно, когда требуется высокое разрешение (для распознавания мелких деталей движущегося объекта). Ослабить размытие движущихся объектов можно с помощью других мер, увеличив расстояние от камеры до движущегося объекта или используя широкоугольный объектив. В обоих случаях движущийся объект при той же скорости движения будет меньше перемещаться относительно пикселей матрицы.

Еще одно достоинство технологии Lightfinder заключается в возможности увеличить глубину резкости изображения за счет применения объектива с меньшей апертурой. При слабом освещении возникает соблазн использовать объектив с большей апертурой, чтобы собрать больше света за время выдержки. Однако в силу законов геометрической оптики при увеличении апертуры уменьшается глубина резкости, то есть интервал дальности, в котором предметы одновременно находятся в фокусе. Технология Lightfinder позволяет сократить продолжительность выдержки и за счет этого уменьшить апертуру объектива, чтобы увеличить глубину резкости.

## 6 Технология Lightfinder 2.0

По состоянию на май 2019 г. отмечался рост числа новых сетевых камер Axis, оснащаемых радикально усовершенствованной версией 2.0 технологии Lightfinder. Речь, в частности, идет о камерах с системным чипсетом ARTPEC-7.

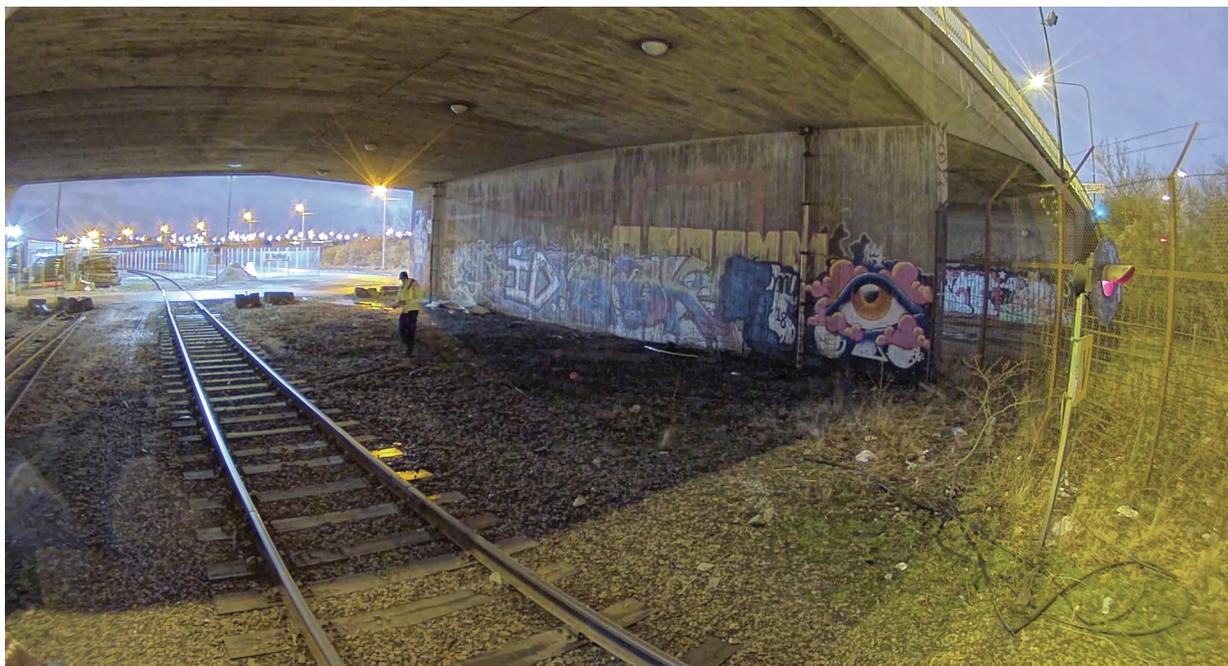
### 6.1 Преимущества

Благодаря полностью переработанному конвейеру обработки изображения Lightfinder 2.0 дает еще более резкое изображение с меньшим количеством артефактов. Помимо наращивания общей светочувствительности камеры, технология Lightfinder 2.0 повышает точность цветопередачи и баланса белого, расширяя возможности различать детали в тени и на темных объектах.

Кроме того, в Lightfinder 2.0 появились новые настройки для управления временной и пространственной фильтрацией. Это особенно ценно для квалифицированных пользователей, которым необходимо оптимизировать изображение для конкретных аналитических приложений.

### 6.2 Пример

Ниже представлен стоп-кадр из пробного видео, снятого камерой видеонаблюдения Axis с технологией Lightfinder 2.0. На первый взгляд, в этом изображении нет ничего сверхъестественного, если не знать о том, насколько слабым было освещение, в условиях которого производилась съемка. Уровень освещенности, замеренный человеком, который находится в кадре под мостом, составляет всего 0,05 люкс. Камера с технологией Lightfinder 2.0 воспроизводит эту чрезвычайно темную сцену, как будто она залита солнечным светом.



*Figure 9. Камера с технологией Lightfinder 2.0 передает четкое, яркое цветное изображение, несмотря на то, что интенсивность освещения под мостом составляет всего 0,05 люкс.*

Для сравнения на следующей иллюстрации представлен стоп-кадр из съемки этой же сцены, обработанный так, чтобы показать, каким увидел бы его человеческий глаз. Находясь рядом с

камерой с технологией Lightfinder 2.0, человек увидел бы под мостом практически полную темноту со считанными различимыми деталями.



*Figure 10. Вот как люди восприняли бы эту же сцену. Изображение специально обработано так, чтобы показать, каким увидел бы его человеческий глаз.*

На следующем изображении представлена та же сцена, снятая камерой современного смартфона. Разумеется, камеры смартфонов не оптимизируются для нужд видеонаблюдения, но абсолютно

черное пространство под мостом дает представление о том, насколько темна эта сцена в действительности.



*Figure 11. Та же сцена, снятая камерой устройства iPhone8.*

# О компании Axis Communications

Компания Axis вносит весомый вклад в формирование более разумного и безопасного мира, разрабатывая решения, которые повышают безопасность и эффективность бизнеса. Занимая в отрасли технологий сетевого видео ведущие позиции, компания Axis предоставляет решения для видеонаблюдения, контроля доступа, сетевых домофонов и звукового сопровождения. Эффективность наших решений повышается благодаря приложениям интеллектуальной аналитики и высококачественному обучению.

Около 4000 специалистов компании Axis трудятся более чем в 50 странах мира, вместе с нашими партнерами по технологиям и по системной интеграции разрабатывая и внедряя решения задач, стоящих перед клиентами по всему миру. Компания Axis была основана в 1984 году. Штаб-квартира компании находится в городе Лунд, Швеция