

Работа цифровых телевизионных камер в диапазоне 0,8 – 0,95 мкм как альтернатива инфракрасным 0,9 – 1,7 мкм охлаждаемым видеомодулям для выполнения обзорно-прицельных задач

Бондаренко М. А., Бондаренко А. В.

ООО «РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ», www.rastr.net

Приведены результаты сравнения возможностей наблюдения в ближнем инфракрасном (ИК) диапазоне цифровой камеры RT-1280Lynx и фотоприёмных модулей фирмы Xenics модели XSW-640-GigE vSWIR расширенного спектрального диапазона 0,5 – 1,7 мкм и базовой модели XSW-640 рабочего диапазона 0,9 – 1,7 мкм. Показано, что формирование изображения видеокамерой RT-1280Lynx в узком диапазоне от 0,8 до 0,95 мкм за счёт применения светофильтра типа ИКС-1 даёт сопоставимые ИК контрасты наблюдаемой сцены с гораздо большей детальностью объектов, динамическим диапазоном и соотношением сигнал/шум. Учитывая также тот факт, что стоимость поставки ИК модуля превосходит более, чем в 5 раз стоимость RT-1280Lynx, данная разработка Растр Технолоджи видится отличной альтернативой для решения класса обзорно-прицельных задач в ближнем ИК диапазоне.

Обзор цифровых камер, участвующих в эксперименте

Наиболее отработанной и распространённой технологией матричных фотоприёмников являются телевизионные (ТВ) фотоприёмные устройства на основе кремния. Возможности съёмки ТВ фотоприёмников лежат в пределах от 0,2 до 1,1 мкм, что связано с оптическими свойствами их кремниевой основы. Пока эти матрицы по чувствительности, разрешению и стабильности работы существенно превосходят матрицы фотоэлементов спектрального диапазона 0,9 – 1,7 мкм на основе индия, галлия и мышьяка (InGaAs). Также в настоящее время создаются экспериментальные образцы цифровых камер, формирующие изображения в диапазоне от 0,5 до 1,7 мкм, однако они по-прежнему не выпускаются сопоставимого разрешения с ТВ фотоприёмниками и наследуют известные недостатки технологии InGaAs, не говоря уже о средней стоимости, которая в 5-10 раз превышает стоимость специализированных неохлаждаемых матриц на основе кремния.

В данной работе показаны результаты тестирования возможностей цифровой камеры RT-1280Lynx [1] (рабочий спектральный диапазон со штатным объективом от 0,4 до 0,95 мкм) рис. 1а, работающей в составе мультиспектральной видеосистемы RT-700Combo [2], новой ИК видеокамеры XSW-640-GigE с опцией vSWIR и встроенной коррекцией неоднородностей [3] бельгийской фирмы Xenics расширенного спектрального диапазона от 0,5 до 1,7 мкм (рис. 1б) и базового ИК модуля Xenics XSW-640 [4] рабочего диапазона 0,9 – 1,7 мкм. Все цифровые камеры в эксперименте формируют изображения с кадровой частотой в 25 Гц, объективы камер имеют одинаковый фокус в 25 мм. Матрица камеры RT-1280Lynx Photonis LYNX CMOS имеет разрешение

1280×1024 и размер пикселя 9,7×9,7 мкм. Матрица ИК модуля XSW-640-GigE vSWIR имеет разрешение 640×512 и размер пикселя 20×20 мкм. Указанные параметры матриц и объективов обеспечивают почти одинаковые поля зрения: 28,7°×23,1° – для ИК камер Xenics и 27,9°×22,5° – для RT-1280Lynx.



Рис. 1а. Камера Растр Технолджи RT-1280Lynx, спектральный диапазон 0,4 – 0,95 мкм

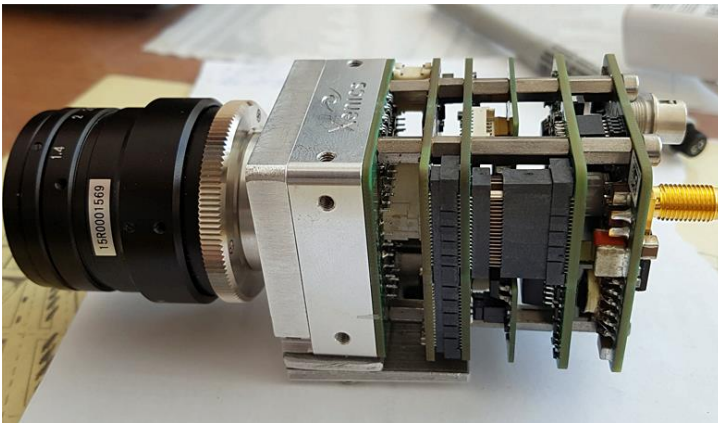


Рис. 1б. Модуль Xenics XSW-640-GigE vSWIR спектрального диапазона 0,5 – 1,7 мкм с объективом Kowa LM25HC



Рис. 1в. Модуль Xenics XSW-640 спектрального диапазона 0,9 – 1,7 мкм в составе видеосистемы RT-700Combo



Рис. 1г. Цифровая камера RT-1280Lynx с объективом AZURE-2520ML5M сверху в составе мультиспектральной видеосистемы RT-700Combo

На рис. 2 представлены графики относительной спектральной чувствительности цифровых камер, выполненных в одной системе координат, где зелёный график показывает рабочий спектральный диапазон видеокamеры RT-1280Lynx со светофильтром ИКС-1 [5] без учёта пропускания объектива.

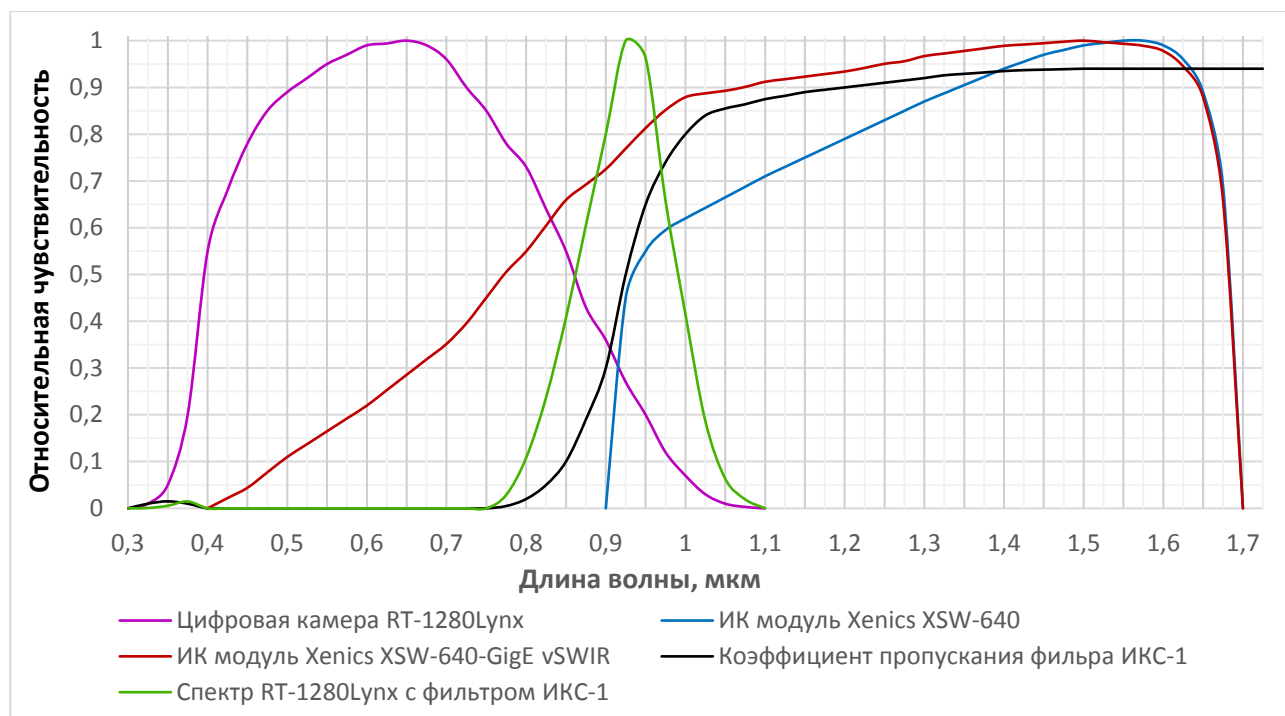


Рис. 2. Относительная спектральная чувствительность ИК модулей Xenics и цифровой камеры RT-1280Lynx с постановкой фильтра ИКС-1 и без него.

Порядок проведения экспериментов и результаты

Съёмка статичной сцены московской городской застройки возле станции метро Аэропорт проводилась цифровыми камерами из открытого окна здания на 9-м этаже в безоблачный летний день 4 июня 2019 г. в одинаковом ракурсе. Интервал фиксации изображений разными камерами в разных экспериментах составляет не более двух минут, что гарантирует с учётом безоблачности практически одинаковые условия съёмки. В первом эксперименте было просто получено изображение от цифровой камеры RT-1280Lynx в составе видеосистемы RT-700Combo со штатным объективом AZURE-2520ML5M [6] с пропусканием в диапазоне от 0,4 до 0,95 мкм без постановки светофильтра, рис. 3а. Во втором эксперименте на объектив RT-1280Lynx был поставлен светофильтр ИКС-1 при максимальном раскрытии диафрагмы, рис. 3б. Третий эксперимент заключался в формировании изображения от ИК модуля XSW-640-GigE vSWIR (рис. 3в) при использовании объектива Kowa LM25HC [7], четвёртый крайний эксперимент – получение изображения от модуля Xenics XSW-640 спектрального диапазона 0,9 – 1,7 мкм в составе видеосистемы RT-700Combo без первичной фильтрации и коррекции сигнала с таким же объективом Kowa LM25HC, рис. 3г. Для большей наглядности результатов на рис. 3а – 3г приводится фрагмент одной и той же сцены, отснятой в

фиксированном ракурсе с учётом небольшого различия полей зрения тестируемых камер:



Рис. 3а. Съёмка RT-1280Lynx со штатным объективом без фильтра в диапазоне от 0,4 до 0,95 мкм



Рис. 3б. Съёмка RT-1280Lynx с ИК объективом и фильтром ИКС-1 в диапазоне от 0,8 до 0,95 мкм



Рис. 3в. Съёмка XSW-640-GigE vSWIR с коррекцией неоднородностей в диапазоне от 0,5 до 1,7 мкм



Рис. 3г. Съёмка XSW-640 без коррекции неоднородностей в диапазоне от 0,9 до 1,7 мкм

Легко видеть, что рис. 3б представляет собой наиболее информативное ИК изображение высокого разрешения (полный кадр 1280×1024 , а не 640×512 , как у изображений из нижнего ряда рис. 3), которое содержит все ключевые объекты, что и рис. 3в и 3г, а также сильно коррелирующие ИК контрасты с нижними ИК изображениями, не смотря на, казалось бы, очень узкий спектральный диапазон. Из этого следует, что ширина спектрального диапазона формирования изображения далеко не всегда является существенным

критерием её информативности, под которой понимается возможность визуального и автоматического дешифрирования объектов наблюдаемой сцены. Всё это говорит в пользу высокой перспективности применения цифровых камер расширенного спектрального диапазона со светофильтрами типа ИКС-1 в качестве хорошей альтернативы существенно более дорогим ИК модулям для решения обзорно-прицельных задач.

Для наглядности, сравнение характеристик и примерной стоимости (по ценам 2018 года) тестируемых цифровых камер приведено в таблице:

| Цифровая камера | Границы спектра съёмки, мкм | Разрешение | Темновой ток, е ⁻ | Охлаждение | Размер пикселя | Примерная стоимость в рублях |
|---------------------------|-----------------------------|-------------|------------------------------|---------------------------------|----------------|------------------------------|
| RT-1280Lynx | 0,4 – 1,1 | 1280 × 1024 | 4 | Пассивное на корпус | 9,7 × 9,7 | 480 000 |
| XSW-640 | 0,9 – 1,7 | 640 × 512 | 400 | Пельтье-холодильник 1-стадийный | 20 × 20 | 2 000 000 |
| XSW-640-GigE, опция vSWIR | 0,5 – 1,7 | 640 × 512 | 120 | Пельтье-холодильник 1-стадийный | 20 × 20 | 3 000 000 |

Основные выводы

Ключевыми факторами, определяющими информативность и качество изображения сцены, являются в совокупности разрешение и чувствительность цифровой камеры. Обоснованность же выбора спектрального диапазона зависит исключительно от попадания в него существенного спектра излучения от целевых объектов. Поэтому расширение спектрального диапазона наблюдения не всегда себя экономически и технически оправдывает.

В эксперименте с камерой RT-1280Lynx был специально использован штатный объектив с пропусканием от 0,4 до 0,95 мкм, чтобы показать, что даже в таком узком диапазоне (фактически проводилась съёмка в диапазоне от 0,85 до 0,95 мкм, рис. 2, так как у фильтра ИКС-1 коэффициент пропускания для световых волн короче 0,85 мкм составляет менее 0,1) может получаться изображение более информативное, чем от охлаждаемых ИК 0,9 – 1,7 мкм модулей. Полученный результат позволяет говорить о более широких возможностях RT-1280Lynx при использовании светосильной ИК оптики, что обеспечит получение высококачественного ИК фото и видео в диапазоне от 0,8 до 1,1 мкм.

Дальнейшие работы будут заключаться в постановке экспериментов со специальной светосильной оптикой, которая эффективно пропускает излучение в диапазоне от 0,8 до 1,1 мкм при различных условиях освещённости, что позволит более ясно раскрыть возможности использования RT-1280Lynx, как измерительной видеосистемы ближнего ИК диапазона.

Благодарности

Коллектив Растр Технолоджи выражает благодарность сотрудникам ФГУП «ГосНИИАС» Дрынкину Владимиру Николаевичу, Павлову Юрию Васильевичу и Мысину Денису Владимировичу за доступ к ИК камере XSW-640-GigE vSWIR и помощь в проведении экспериментов, ведь без реальных опытов с ИК камерами мы не смогли бы получить и представить такой интересный и практически важный результат.

Список используемых источников

1. Цифровая камера RT-1280Lynx. Техническое описание. М.: РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ, 2018, URL: <http://rastr.net/product/digit-cam/rt-xdc-platform/rt-1280lynx.html>
2. Мультиспектральная система RT-700Combo. Техническое описание. М.: РАСТР ТЕХНОЛОДЖИ, 2018, URL: <http://rastr.net/product/special/multi-sys.html>
3. Small, high performance InGaAs module with high image resolution – Xenics XSW-640-GigE, vSWIR option. Datasheet, URL: https://www.xenics.com/files/technical_resources/XSW%20640%20Series/XDS01301-XSW-640-Series.pdf
4. High resolution TE1-stabilized SWIR OEM module Xenics XSW-640. Datasheet, URL: https://www.xenics.com/files/technical_resources/XSW%20640%20Series/xb-051_06_xsw-640_modulescomponents_printready.pdf
5. ГОСТ 9411-91: Стекло оптическое цветное. Технические условия. Марка ИКС-1.
6. Объектив AZURE-2520ML5M. Технические характеристики. URL: <http://www.azurephotonics.com/pdf/2520ML5M.pdf>
7. Объектив Kowa LM25HC. Технические характеристики. URL: <https://lenses.kowa-usa.com/hc-series/475-lm25hc.html>