

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ В ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ПРИБОРАХ

© 2010 А.С. Рафаилович

Филиал ИФП СО РАН «КТИПМ», г. Новосибирск

Поступила в редакцию 18.11.2010

В статье рассматривается возможность повышения вероятности обнаружения и распознавания пространственно разнесённых объектов, наблюдаемых при помощи тепловизионных приборов, за счёт перехода к бинокулярной схеме.

Ключевые слова: *вероятность обнаружения, вероятность распознавания, тепловизор*

Вероятности обнаружения и распознавания тепловизионного прибора напрямую связаны с его разрешающей способностью. В настоящее время благодаря всё более широкому применению асферических компонентов, дифракционных оптических элементов, оптические системы тепловизионных приборов нередко могут обеспечивать кружок рассеяния на грани дифракционного предела. Таким образом, основным узлом, ограничивающим разрешающую способность современного тепловизионного прибора, является фотоприёмное устройство (ФПУ). Основные факторы, ограничивающие разрешение можно разделить на две частично взаимосвязанные группы:

- энергетические характеристики фотоприёмника;
- геометрические характеристики фотоприёмника.

Под геометрическими характеристиками подразумеваются: формат фотоприёмника; размер фоточувствительного элемента; топология фоточувствительного слоя.

Вероятности обнаружения и распознавания также связаны с особенностями восприятия изображения человеком-оператором [1]. Для человека более естественным является пространственное (стереоскопическое) зрение. Утомляемость оператора монокулярного прибора гораздо выше, чем того же оператора при работе аналогичного характера с прибором бинокулярным. Это вызвано тем, что при наблюдении двумя глазами большинство людей способно непосредственно воспринимать взаимное пространственное расположение предметов – пространственную глубину сцены, что даёт оператору дополнительную информацию облегчающую восприятие. Физиологические особенности человека таковы, что бинокулярная

острота зрения выше монокулярной в среднем в 1,3 раза [1, 2]. Причина этого в том, что разрешающая способность глаза в среднем равна одной угловой минуте, в то время как разрешающая способность стереоскопического зрения может составлять десять угловых секунд и менее (для тренированного наблюдателя) [3]. Кроме того, в работе [4] отмечается, что времена распознавания и воспроизведения для объёмных зрительных стимулов, возникающих только при стереоскопическом зрении меньше, чем для плоских. Структурная схема бинокулярного тепловизора показана на рис. 1.

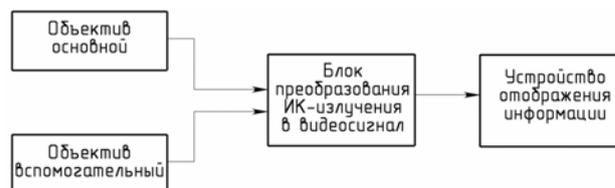


Рис. 1. Структурная схема бинокулярного 3D-тепловизора

В бинокулярном приборе (3D-тепловизоре) изображение наблюдаемой сцены с ФПУ передаётся на устройство отображения информации. Таким устройством может быть:

- специальный монитор [5]; при этом стереоизображение наблюдается оператором через наглазное (очковое) устройство одного из трёх типов: поляроидного, цветного (анаглифы), обтюрационного;
- специальный проектор (3D-кинотеатр); стереоизображение наблюдается через очки, как и в первом случае;
- стереоочки, где изображение на экране микродисплея наблюдается через окуляр того, или иного типа.

Как правило, параметры устройства отображения информации выбираются таким образом, чтобы угловой размер одного элемента разрешения (пиксела) не был меньше средней разрешающей способности глаза (обычно принимается равной одной угловой минуте), но не более трёх угловых минут [5, 6].

Рассмотрим основные геометрические соотношения между взаимным пространственным положением объектов и их изображениями в бинокулярном приборе. На рис. 2 схематично изображены два идентичных объектива $O1$ и $O2$, оптические оси которых параллельны и смещены вдоль оси Y на расстояние B .

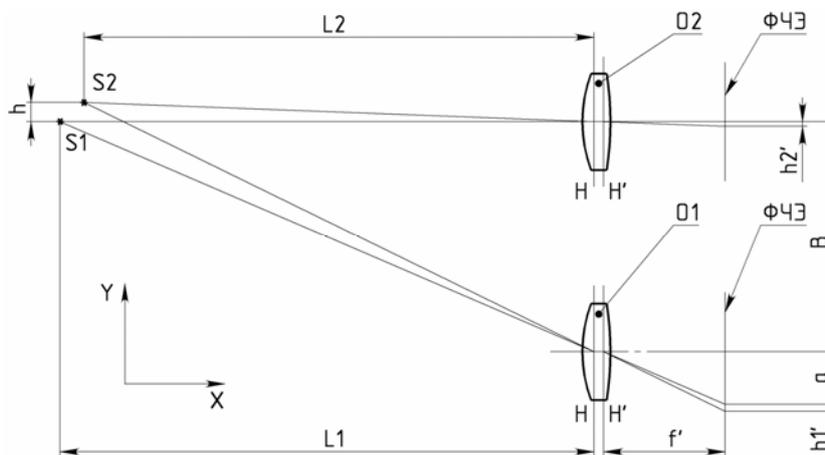


Рис. 2. Основные геометрические соотношения в бинокуляре

В пространстве предметов расположены два объекта $S1$ и $S2$ удалённые от главных плоскостей объективов на расстояние $L1$ и $L2$ соответственно. В горизонтальной плоскости объекты смещены один относительно другого на расстояние h . Предположим, что размеры объектов $S1$ и $S2$, а так же расстояния $L1$ и $L2$ таковы, что: в плоскости XY размер изображения наблюдаемых объектов $S1$ и $S2$ равен ширине одного фоточувствительного элемента (ФЧЭ) фотоприёмника; изображения объектов $S1$ и $S2$ построенные объективом $O2$ находятся на соседних ФЧЭ, то есть величина $h2'$ не превышает ширины одного ФЧЭ; контраст между каждым из изображений объектов $S1$ и $S2$ и фоном равен 20%. При данных условиях для одиночного канала вероятность обнаружения одного из объектов – около 50%. Обнаружить, что объектов два, а не один, при отсутствии взаимного перемещения объектов относительно друг друга – практически невозможно.

В тоже время, смещение изображений объектов $S1$ и $S2$ относительно друг друга на изображении, построенном объективом $O1$, обозначенное на рис. 1 как $h1'$, не равно $h2'$. Эта разница становится заметна наблюдателю, когда величина смещения a приобретает значение не менее ширины ФЧЭ. Смещение a не должно превышать 2° на устройстве отображения, поскольку в этом случае изображения левого и правого каналов будут восприниматься оператором отдельно (так называемая «борьба полей зрения») [7].

Наличие или отсутствие стереоэффекта описывается параметром, который называется радиусом стереоскопического зрения, то есть максимальным расстоянием, при котором ещё заметна разница в расстояниях между объектом, расположенным на конечном расстоянии, и бесконечно удалённым объектом. Для прибора с матричным фотоприёмником радиус стереоскопического зрения R равен

$$R = \frac{f'B}{a} \quad (1)$$

где f' – заднее фокусное расстояние объектива тепловизора; B – расстояние между осями объективов; a – размер ФЧЭ вдоль оси Y .

Введём понятие рациональной базы оптико-электронного стереобинокуляра. Рациональная база (РБ) стереоприбора с многоэлементным фотоприёмником – это минимальное расстояние между осями левого и правого каналов прибора, при котором стереоэффект имеет место в пределах рабочей дальности распознавания. Расположенные на дальности обнаружения объекты будут восприниматься как бесконечно удалённые. Тогда рациональную базу стереоприбора B_p можно вывести из формулы (1), заменив радиус стереоскопического зрения R на предельную дальность распознавания L_p :

$$B_p = \frac{aL_p}{f'} \quad (2)$$

Для рационального использования возможностей отображающего устройства необходимо, чтобы его формат совпадал с форматом ФПУ, то есть одному ФЧЭ фотоприёмника соответствовал один пиксел демонстрируемого оператору изображения. Однако число ФЧЭ у фотоприёмников, используемых в тепловизионных системах реального времени, сравнительно невелико. У микродисплеев, используемых в стереочках, в данный момент число пикселов превышает количество ФЧЭ тепловизионного фотоприёмника в 2-3 раза, а у стереомониторов, или стереопроекторов высокого разрешения – почти десятикратно. В настоящее время этот разрыв продолжает увеличиваться. Причина тому – объективные факторы, подробное раскрытие которых в рамках данного доклада нецелесообразно.

Пусть в качестве устройства отображения применены стереочки. Сигнал от одного ФЧЭ фотоприёмника отображается для оператора несколькими пикселями микродисплея. При этом угловой размер минимально разрешаемого элемента изображения увеличивается в число раз, кратных количеству пикселов

дисплея, необходимых для его отображения, а изображение, полученное при помощи ФПУ формата $N_{\text{фп}} \times M_{\text{фп}}$, приводится к формату устройства отображения $N_{\text{д}} \times M_{\text{д}}$. Тогда количество пикселов, необходимых для отображения одного ФЧЭ по ширине найдётся как отношение $N_{\text{д}}$ к $N_{\text{фп}}$ и как отношение $M_{\text{д}}$ к $M_{\text{фп}}$ – по высоте.

Введём в изображение, формируемое блоком преобразования ИК-излучения в видеосигнал, для устройства отображения основного канала графическую метку, привязанную к геометрическому центру интересующего наблюдателя объекта, находящегося в поле зрения. Такой меткой может быть контрастно-отображаемая рамка, окружающая наблюдаемый объект так, что геометрический центр объекта совпадает с центроидом рамки (рис. 3). Толщина элемента графической метки – один пиксел микродисплея. Пусть угловой размер пиксела микродисплея, как минимум, в два раза меньше углового размера изображения сигнала одиночного ФЧЭ на экране. Введём в изображение также графическую метку, привязанную к геометрическому центру экрана (перекрестье на рис. 3).

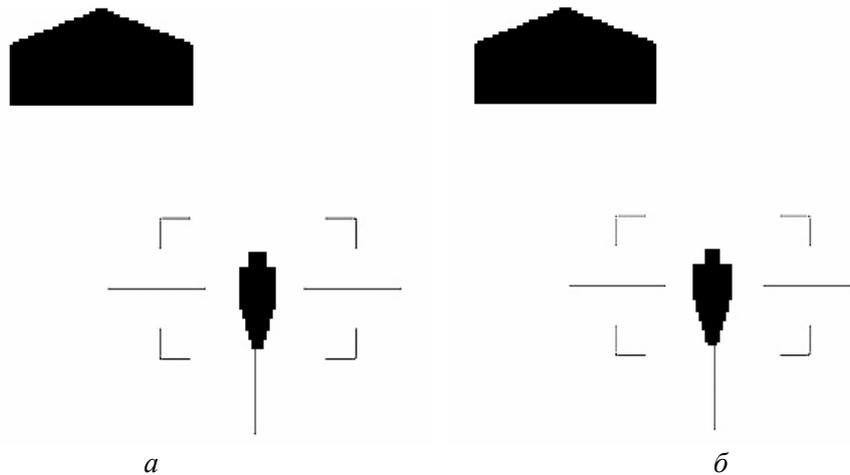


Рис. 3. Изображение объектов, перекрестья и рамки в основном (а) и во вспомогательном (б) каналах

Введём аналогичные метки (рамку и перекрестье) во второй вспомогательный канал (изображение б на рис. 3). При этом наблюдатель увидит расположенное на переднем плане перекрестье, за ним разнесённые по глубине объекты (в данном случае – ростовую фигуру и строение). Рамка по глубине будет совпадать с ростовой фигурой. Вводимая в изображение графическая метка выполняет функции пространственного биссектора, облегчающего восприятие относительного пространственного положения объектов, за счёт малого углового размера её элементов. Сместим в основном канале верхнюю половину рамки в основном

канале на один пиксел влево, а нижнюю половину – вправо. Во вспомогательном канале сместим верхнюю половину вправо, нижнюю – влево на ту же величину. Центроиды рамок совпадают с геометрическим центром объекта. Рациональная величина смещения одной полурамки Δ найдётся из следующего соотношения

$$\Delta = \frac{N_{\text{фп}}}{N_{\text{д}}} \quad (3)$$

Полученное значение Δ округляется до ближайшего меньшего целого. В этом случае

оператор будет воспринимать объект как расположенный посередине между приближенной нижней и удаленной верхней половинами, что ещё больше облегчит пространственное восприятие сцены.

Вывод: за счёт перехода к бинокулярной схеме можно добиться повышения вероятности обнаружения и распознавания по сравнению с монокулярным прибором, имеющим аналогичные технические параметры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Пинегин, Н.И. Квант света и зрения // Труды ГОИ. 1963. Т. 132, вып. 161. С. 90.
2. Хацевич, Т.Н. Медицинские оптические приборы. Физиологическая оптика. Новосибирск: СГГА, 2010. С. 135.
3. Бегунов, Б.Н. Теория оптических систем / Б.Н. Бегунов, Н.П. Заказнов. – М.: Машиностроение, 1973. С. 488.
4. Крумина, Г. Проблемы кодирования стереоизображений в памяти человека / Г. Крумина, В.А. Ляховецкий // Оптический журнал. 2010. №7. С. 14-18.
5. Грязин, Г.Н. Системы прикладного телевидения. – СПб: Политехника, 2007. 277 с.
6. Ллойд, Д. Системы тепловидения: пер. с англ. – М.: Мир, 1978. С. 415.
7. Хьюбел, Д. Глаз, мозг, зрение: пер.с англ. – М.: Мир, 1990. С. 239.

POSSIBLE WAYS OF RAISE THE PROBABILITY OF DETECTION AND RECOGNITION THE OBJECTS IN THERMOVISION DEVICES

© 2010 A.S. Rafailovich

Branch of IFP SB RAS "KTIPM", Novosibirsk

In paper the opportunity of raise the probability of detection and recognition of spatially carried objects observable by means of thermovision devices, due to transfer to the binocular scheme is observed.

Key words: *probability of detection, probability of recognition, thermovision device*