

Секция 4. ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ, ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.792.4

**АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ОГРАНИЧЕНИЙ ШАГА ЛИНЗОВОГО РАСТРА
В ИНТЕГРАЛЬНОЙ ФОТОГРАФИИ**

Зайцева Е.Г., Кислюк А.А., Ларионова Т.О., Дубина Н.Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Линзовый растр в системе записи и воспроизведения изображений методом интегральной фотографии как дискретный элемент является потенциальным источником искажений. Причиной этих искажений является не обоснованное значение шага линзового растра. Упомянутые искажения могут проявляться как:

- а) ложная информация;
- б) прерывистость изображения по глубине;
- в) прерывистость изображения в поперечном направлении;
- г) заметность линзовой структуры растра.

В [1-4] приводятся результаты исследований допустимых значений шага линзового растра, при которых отсутствуют первые три разновидности искажений. С учетом влияния изменения масштаба от видеосъемки к проекции и выбора наиболее критичного к искажениям элемента линзового растра эти условия были приведены к следующему виду:

$$t_{oc1} \geq \frac{2x_A * m}{z_A}, \quad (1)$$

$$t_{oc2} \geq \frac{-x_A * m}{z_A * (1 + \frac{z_A * m}{dZ})}, \quad (2)$$

$$t_{oc3} \geq \frac{dX * m}{-MZ_B}, \quad (3)$$

где t_{oc1} , t_{oc2} , t_{oc3} – значения шага линзового растра, найденные соответственно из условий отсутствия ложной информации, прерывистости изображения по глубине, прерывистости изображения в поперечном направлении; X_A и Z_A – координаты записываемой точки A в направлениях, соответственно параллельном и перпендикулярном плоскости растра; m – расстояние от задней главной плоскости линзы растра до цифровой матрицы; dZ – модуль линейного порога различения зрительного анализатора по глубине, вычисляемый по формуле:

$$dZ = \frac{d\alpha * Z_{гл}^2}{B_{гл}}; \quad (4)$$

где $Z_{гл}$ – расстояние между зрителем и рассматриваемой точкой,

$B_{гл}$ – глазной базис, $d\alpha$ – предельно малый угол диспаратности, выраженный в радианах; dX – линейный предел различения зрительного анализатора в поперечном направлении, рассчитываемый по формуле:

$$dX = Z_{гл} * \gamma, \quad (5)$$

где γ – предельное угловое разрешение зрительного анализатора в поперечном направлении,

выраженное в радианах; M – масштаб увеличения от видеосъемки к проекции.

Ограничение шага линзового растра для предотвращения четвертого вида искажений (заметность линзовой структуры растра) имеет вид:

$$t_{oc4} \leq \gamma \left(\frac{Z_{гл}}{M} + |Z_A| \right) \quad (6)$$

Анализ неравенств (1, 2, 3) и (6) показывает, что в первые трех из них шаг линзового растра ограничивается снизу. Единственным ограничением шага сверху является неравенство (6).

Их условия (1) следует, что нижний предел шага линзового растра видеосъемочной матрицы, обусловленный отсутствием ограничения поля зрения линзовых элементов, определяются координатами записываемой точки изображения и расстоянием между линзой и матрицей. Значения этого (далее – первого) нижнего предела прямо пропорциональны поперечной координате записываемой точки и расстоянию между линзовым растром и цифровой матрицей, обратно пропорциональны продольной координате записываемой точки.

Так как координата Z_A записываемой точки A будет всегда отрицательной вследствие направленности оси Z в сторону цифровой матрицы, то знак порогового значения шага будет зависеть от знака поперечной координаты X_A точки A . Отрицательное значение порога (для положительных значений X_A , то есть расположения точки A выше оси симметрии растра) означает, что для точек, расположенных выше оси симметрии линзового растра, ограничение шага по предотвращению появления ложной информации отсутствует. Соответственно это условие надо принимать во внимание для точек, расположенных ниже оси симметрии линзового растра.

Из неравенства (2) очевидно, что нижний предел шага линзового растра при видеосъемке, обусловленный отсутствием прерывности изображения по глубине, зависит от координат записываемой точки изображения, расстояния от наблюдателя до этой точки, расстояния между видеосъемочными линзой и матрицей, а также от масштаба увеличения при проекции. Значения данного (далее – второго) нижнего предела прямо пропорциональны поперечной координате записываемой точки и расстоянию между линзовым растром и цифровой матрицей. Так как при различных сочетаниях значений параметров в правой части неравенства (2) второй нижний предел может принимать как положительные,

так и отрицательные значения, значит, существуют области параметров из правой части неравенства (2), при которых ограничение по второму пределу отсутствует.

Из неравенства (3) следует, что нижний предел шага линзового раstra при видеосъемке, обусловленный отсутствием прерывности изображения в поперечном направлении, зависит от продольной координаты Z_B записываемой точки изображения, расстояния от наблюдателя до этой точки, расстояния между видеосъемочными линзой и матрицей, а также от масштаба увеличения при проекции и не зависит от поперечной координаты точки X_B .

Значения вышеупомянутого (далее – третьего) нижнего предела прямо пропорциональны поперечной координате записываемой точки и расстоянию между линзовым растром и цифровой матрицей, обратно пропорциональны продольной координате записываемой точки и масштабу увеличения при проекции.

Так как координата Z_A всегда отрицательна, по аналогии с первым ограничением и с учетом отрицательного знака в правой части неравенства (3) для точек, расположенных ниже оси симметрии линзового раstra, ограничение шага по предотвращению ложной информации отсутствует. Соответственно это условие надо принимать во внимание для точек, расположенных выше оси симметрии линзового раstra.

Очевидно, что верхний (четвертый) предел шага линзового раstra при видеосъемке, определяемый неравенством (6), зависит от расстояния между зрителем и воспроизводимой точкой, от продольной координаты этой точки при видеосъемке и от масштаба увеличения при проекции и не зависит от поперечной координаты точки.

Значения верхнего предела связаны линейной зависимостью с продольной координатой записываемой точки и расстоянием между зрителем и воспроизводимой точкой, уменьшается по гиперболе с ростом масштаба увеличения при проекции. Так как правая часть неравенства (6) всегда положительна, ограничение по верхнему порогу в соответствии с неравенством (6) надо принимать во внимание при любых значениях координат записываемой точки.

Из анализа совокупности неравенств (1-3, 6) следует что для точек, лежащих выше оси симметрии матрицы, при выборе диапазона допустимых значений шага линзового раstra необходимо решать систему неравенств (2, 3, 6), а для точек, лежащих ниже оси симметрии матрицы, – систему (1, 2, 4).

На основании разработанной методики были построены графики зависимости четырех вышеперечисленных значений порогов от координаты Z_A ,

перпендикулярной плоскости матрицы при следующих фиксированных значениях параметров: $X_A = 100$ мм, $m = 20$ мм, $M = 10$, $Z_{гл} = 2000$ мм. Расчет показал, что в данном случае диапазон допустимых значений шага раstra ограничивается неравенствами (3) снизу (сплошная линия на рис. 1) и (6) сверху (пунктирная), т. е. условиями 3 и 4.

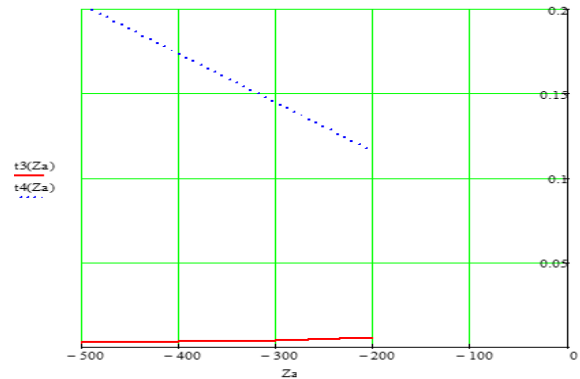


Рисунок 1 – Графики зависимости пороговых значений шага линзового раstra от координаты Z при фиксированных значениях других параметров

Литература

1. Зайцева, Е.Г. Определение параметров систем записи и воспроизведения объемного изображения / Е.Г. Зайцева, А.А. Кислюк, Т.О. Ларионова // 10-я Международная научно-техническая конференция «Приборостроение – 2017». – Минск, 1–2 ноября 2017 г. – БНТУ. – 2017. – С. 368–370.
2. Ларионова, Т.О. Предотвращение искажений при отсутствии ограничения поля зрения линзовых элементов / Т.О. Ларионова, Е.Г. Зайцева // Новые направления развития приборостроения. Материалы 11-ой Международной научно-технической конференции. Минск, БНТУ, 18–20 апреля 2018 г. – Минск : БНТУ. – 2018. – С. 134.
3. Ларионова Т.О. Условие непрерывности объемного изображения по глубине / Т.О. Ларионова, Е.Г. Зайцева // Новые направления развития приборостроения. Материалы 11-ой Международной научно-технической конференции. Минск, БНТУ, 18–20 апреля 2018 г. – Минск : БНТУ. – 2018. – С. 135.
4. Ларионова Т.О. Условие отсутствия прерывистости при изменении ракурса наблюдения объемного изображения / Т.О. Ларионова, Е.Г. Зайцева // Новые направления развития приборостроения. Материалы 11-ой Международной научно-технической конференции. Минск, БНТУ, 18–20 апреля 2018 г. – Минск : БНТУ. – 2018. – С. 136.