

## **Влияние формы импульса на точность определения расстояний с помощью методов корреляции расстояние-интенсивность**

В.П. Кабашников

ГНПО «Оптика, оптоэлектроника и лазерная техника», Минск,  
Беларусь

E-mail: v.kabashnikov@dragon.bas-net.by

Активно-импульсные системы видения (АИСВ) до недавнего времени использовались, в основном, для наблюдения объектов в условиях плохой видимости в рассеивающих средах (туман, дымка, снег, взвешенные частицы в воде и т. д.). Принцип действия АИСВ сводится к импульсному подсвету наблюдаемой сцены и синхронизированному с импульсом открытию фотоприемника на короткое время и с некоторой задержкой относительно импульса. Такие системы позволяют видеть объекты в пределах сравнительно узкой зоны видимости, которая расположена на расстоянии, определяемом временем задержки, и имеет глубину, зависящую от длительности импульса и времени регистрации.

В последнее десятилетие АИСВ начали использоваться также для определения расстояний до объектов и получения 3D-изображений. При этом каждому пикселю двумерной картины приписывается дальность до объекта, который проецируется на этот пиксель. Для определения дальности предложено ряд методов: Для приборов, работающих в режиме реального времени, важно использовать быстрые методы определения дальностей, поскольку обработка изображений, состоящих из множества пикселей, занимает много времени. К быстрым методам можно отнести методы корреляции расстояние–интенсивность [1, 2], в которых информация о расстоянии получается всего из двух изображений. Однако указанные методы требуют прямоугольной формы импульсов, что не всегда легко реализовать технически. Обычно реальные импульсы имеют форму, отличающуюся от прямоугольной. В настоящей работе оценивается величина ошибки, возникающей при использовании методов корреляции расстояние–интенсивность для определения расстояний в тех случаях, когда форма импульса отличается от прямоугольной. Рассматриваются длительности регистрации, равные длительности импульса [1] или удвоенной длительности импульса [2].

Для импульсов произвольной формы получено аналитическое выражение для ошибки из-за непрямоугольности, то есть для разности расстояний, соответствующих прямоугольной и произвольной формам

импульсов. Получено также уравнение для положения экстремумов указанной разности. Абсолютная ошибка пропорциональна длительности импульса и одинакова для двух методов при равных длительностях импульсов.

Аналитическое решение указанного уравнения получено для импульсов трапециевидной формы, которая разумно аппроксимирует реальную форму импульса. Получено также аналитическое выражение для максимальной ошибки. Кроме того, была оценена допустимая степень различия между импульсом трапециевидной формы и прямоугольником, при которой погрешность в расстоянии не превышает некоторого заданного значения.

Для трапециевидных импульсов максимальная погрешность расстояния, отнесенная к половине длины импульса, составляет 0,25. Она реализуется для предельно асимметричных (фактически близких к прямоугольному треугольнику) импульсов. В то же время симметричные импульсы, имеющие форму равнобедренного треугольника, дают ошибку из-за непрямоугольности импульса, приблизительно в два раза меньшую. Отличие от нуля верхнего основания трапеции приближает трапецию к прямоугольнику и, естественно, уменьшает ошибку определения расстояния.

Максимальная погрешность для импульсов реальной формы, полученная в наших расчетах, составляет 0,093–0,143. Расчеты по трапециевидной модели, аппроксимирующей реальные профили, дают достаточно близкие значения 0,104–0,135. Эти погрешности превышают погрешности расстояния, полученные в экспериментах [1, 2]. Кроме того, эти ошибки значительно превышают ошибки, вызванные неточностью регистрации сигнала. Поэтому необходимо учитывать конкретную форму импульса, так как она может быть основным источником ошибки расстояния. Для того чтобы вклад в погрешность расстояния из-за непрямоугольности импульсов не превышал вклада из-за неточности записи сигнала, возможны два подхода. Первый подход – реализовать импульс, близкий к прямоугольному. Второй подход состоит в использовании калибровочных зависимостей. Важно подчеркнуть, что форма калибровочной кривой не зависит от положения интервала измеряемых расстояний. Будучи однажды измеренной для определенного интервала дистанций, она может в дальнейшем использоваться для измерения любых расстояний.

1. Wang X., Li Y., Zhou Y. // *Appl. Opt.* 2013. Vol.52, No. 30. P. 7399–7406.
2. Laurenzis M., Christnacher F., Monnin D. // *Opt. Lett.* 2007. Vol. 32, No. 21. P. 3146 – 3148.