

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГНАЛА В ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ ПРОГИБОМЕРА

Римашевский И.В.

Научный руководитель - научный сотрудник, канд. тех. наук, Васильев А.С.

Университет ИТМО

a_s_vasilev@itmo.ru

Введение

Возведение и последующая эксплуатация крупногабаритных промышленных сооружений требуют точного определения координат их компонентов относительно единой, фиксированной системы отсчёта. Для этого применяются измерительные системы, которые должны не только обеспечивать высокую точность в определении пространственного положения объектов, но и характеризоваться быстрой реакцией, а также возможностью проведения измерений на расстоянии – без физического контакта с измеряемыми элементами.

Оптико-электронные системы (ОЭС) контроля пространственного положения объектов [1], которые используются в задачах навигации, ориентации и стабилизации подвижных технических объектов, способны с высокой точностью и низкой задержкой вычислять координаты контрольных точек крупногабаритных компонентов сооружения, но к ним предъявляются высокие требования к помехоустойчивости системы. Аберрации различных типов, импульсные шумы, турбулентность воздуха, искажающие ход пучков оптических лучей – все эти типы погрешностей могут сильно повлиять на результаты измерений прибора.

Разработка математической модели оптических сигналов в ОЭС позволит учесть влияние негативных факторов на систему во время создания алгоритма обработки оптических сигналов и, тем самым, улучшить итоговую точность прибора.

Основная часть

Во время разработки математической модели источником экспериментальных данных являлся оптико-электронный доковый прогибомер (ПОЭД) [2]. Реализация прибора выполнена в виде ОЭС с применением реперных меток (РМ). В конструкцию метки входят 4 инфракрасных светодиода, расположенные в форме правильного ромба. Такое расположение необходимо для детектирования РМ на изображении, получаемое с многоэлементного приемника оптического излучения (МПОИ).

Учитывая, что ПОЭД располагается в открытой среде, а РМ находятся до сотни метров от МПОИ, на качество изображения могут повлиять следующие негативные факторы:

- Турбулентность воздушных потоков, приводящая к нестабильности траектории светового луча;
- Оптические аберрации, вызывающие искажения формы светового пятна светодиодов на изображении;
- Шумы, характеризующиеся случайными перепадами интенсивности пикселей на изображении.

Отправной точкой математической модели является создание базиса в виде матрицы интенсивности пикселей, где в качестве задаваемых параметров вводятся размер матрицы, радиус светодиодов и расстояние между ними, интенсивность пикселей светодиодов и фона. Затем для дальнейших действий выполняется перевод изображения в частотную область через прямое преобразование Фурье.

Турбулентность воздушных потоков образует динамическую погрешность положения РМ, т.е. при получении новых изображений с МПОИ положения светодиодов каждый раз будут меняться. Для моделирования эффекта турбулентности на изображении к координатам светодиодов добавляется случайное значение смещения, которое подчинено нормальному закону распределения. Данное действие выполняется в частотной области, т.к. в пространственной области координаты светодиодов ограничены дискретными значениями.

Оптические аберрации моделируются через оптическую передаточную функцию, которую можно получить путём прямого преобразования Фурье зрачковой функции. Выбор нужных типов аберраций осуществляется через подбор коэффициентов уравнения волновой аберрации.

После моделирования турбулентности воздушных потоков и оптических аберраций производится обратное преобразование Фурье модифицированной матрицы интенсивностей пикселей изображения.

При моделировании случайных перепадов интенсивностей пикселей применялись модели биполярного шума типа «соль и перец» и со случайными значениями амплитуд. Для восстановления изображения от подобных шумов существуют медианные фильтры (линейные или матричные). Их принцип работы заключается в замене значения пикселя на значение медианы распределения яркостей всех пикселей в окрестности (включая исходный). Линейный медианный фильтр был также внесен в модель, т.к. он используется в алгоритме обработки оптических сигналов ПОЭД и после восстановления изображения после него остаются артефакты в виде линий пикселей с одинаковой интенсивностью, что также является искажением изображения.

Выводы

Математическая модель была реализована в среде моделирования MATLAB. Для проверки работоспособности модели были проведены статистические исследования на основе двух выборок из 500 изображений. Изображения для первой выборки были получены с МПОИ прогибомера, а для второй выборки – сгенерированы через созданную математическую модель.

Результаты исследования показали, что разработанная математическая модель способна выводить достоверные изображения РМ, на основе которых можно проводить улучшения работы алгоритмов обработки оптических сигналов ОЭС.

Литература

1. Иванов А.Г., Коротаев В.В., Краснящих А.В. О построении оптико-электронных систем контроля прогиба. // Научно-технический вестник СПб ГИТМО (ТУ). Выпуск 5. Оптические приборы, системы и технологии / Главный редактор В.Н. Васильев. СПб: СПб ГИТМО(ТУ), 2002. С. 100–104.
2. А.М. Алеев, А.А. Горбачёв, В.В. Коротаев, А.В. Пантюшин Экспериментальное исследование случайной погрешности оптико-электронного докового прогибомера // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО, 2011, №4 (74).