

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ МЕТОДАМИ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ФОТОНИКИ

Пуляев Ю.С.

Научный руководитель — к.т.н., доц. Курской Ю.С.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(61166, Харьков, просп. Науки, 14, каф. ФОЭТ, тел. (057) 702-14-84)

The paper presents a topological model for the search and identification of hidden optical surveillance systems. The model is based on fractal ideas about the structure of the optical signal and the determination of the fractal dimension of the intensity distribution in the section plane of a laser pulse reflected from the target. A wide range of information security tasks, maintaining commercial secrets, includes the task of protecting against unauthorized video and photographing.

Вступление. К широкому кругу задач информационной безопасности, сохранения коммерческой тайны, относится задача защиты от несанкционированной видео- и фотосъёмки. Её реализация осуществляется при помощи лазерных оптоэлектронных систем (ЛОС), позволяющих определить местоположение скрытых оптических приборов наблюдения (ОПН) — биноклей, видео- и фотокамер. Классификация ОПН относится к задачам распознавания образов. Классическая задача распознавания образов включает в себя три этапа: получение информации об объекте; выделение и анализ характерных естественных или искусственных признаков (простейших характеристик или свойств); идентификация и классификация объекта по результатам анализа выделенным признакам. Целью работы является разработка топологической модели идентификации оптических систем на основе фрактального анализа.

Практическое применение топологии. Современный топологический анализ рассматривается как перспективное направление развития теории исследования нелинейных динамических систем, является инструментом анализа нелинейной метрологии [4]. Развивается в последнее время топологическая фотоника — новое направление, изучающее вопрос реализации топологических эффектов в фотонных кристаллах, связанных резонаторах, метаматериалах и квазикристаллах. Применяются топологические методы, в частности фрактальный анализ, для анализа изображений [3]. Согласно определению Б. Мандельброта фрактал представляет собой объект, размерность Хаусдорфа-Безиковича (фрактальная размерность D) которого больше его топологической размерности.

Для определения D ряда $\{x_i\}$ (где x_i – i -е значение величины x , $i=1, \dots, n$) используется метод нормированного размаха, выведенный эмпирическим путем П. Хёрстом. Анализ ряда $\{x_i\}$ позволяет получить показатель Хёрста H , связанный с D :

$$D = 2 - H. \quad (1)$$

Значения показателя Хёрста находятся в интервале $0 \leq H \leq 1$ и определяются через отношение R/σ , где R – размах между максимальным и минимальным значениями функции приращения $x(i, n)$, величина σ – среднее квадратичное отклонение:

$$R = \max_{1 \leq i \leq n} x(i, n) - \min_{1 \leq i \leq n} x(i, n); \quad x(i, n) = \sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x}_i), \quad (2)$$

где $\bar{x}_i$ – среднее арифметическое значений $\{x_i\}$.

Знание фрактальной размерности D ряда $\{x_i\}$ позволяет оценить характер поведения объекта измерения (или структуры сигнала) и выбрать соответствующий математический аппарат обработки результатов измерения. В качестве объекта исследования рассмотрим площадь сечения лазерного пучка отраженного от поверхности, покрытой тонкой плёнкой. Анализ площади сечения пучка выполняется при помощи ПЗС-камеры с линейным объективом, входящей в состав ЛОС. Камера позволяет исследовать распределение интенсивности излучения вдоль выбранной оси на плоскости (x, y) .

Выводы. В работе представлена топологическая модель поиска оптических систем наблюдения. Модель основана на фрактальных представлениях о структуре оптического сигнала и определении фрактальной размерности распределения интенсивности в плоскости сечения отражённого от цели лазерного импульса. Показано, что приближение значения фрактальной размерности к единице является предпосылкой к идентификации цели, как оптического прибора наблюдения.

Список литературы: 1. Лебедько Е. Системы импульсной оптической локации. Учебное пособие. М.: Лань, 2014. 368 с. 2. П.В. Короленко, М.С. Маганова, А.В. Меснянкин. Новационные методы анализа стохастических процессов и структур в оптике. Учебное пособие. М.: МГУ, 2004. 82 с. 3. Новейшие методы обработки изображений. / Под ред. А. А. Потапова. М.: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2008. 496 с. 4. Мачехин Ю.П., Курской Ю.С. Основы нелинейной метрологии. LAP Lambert Academic Publishing, 2014.- 162 p.