

- Т. 78., №1. – С. 121-127.
2. Влияние энергии фотона на эффективность фотохимиотерапии / М.П. Самцов, Е.С. Воропай, К.Н. Каплевский [и др.] // ЖПС. – 2009. – Т. 76., № 4. – С. 576-582.
3. Фотодинамическая лазерная терапия и диа-

гностика областей локализации на основе новых типов фотосенсибилизаторов / М.П. Самцов, Е.С. Воропай, К.Н. Каплевский [и др.] // Известия РАН. Серия физическая. – 2007. – Т. 71. – С. 145-149.

УДК 343.983.22

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ОБРАБОТКА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОСЛЕДОВ НА ОБЪЕКТАХ КРИМИНАЛИСТИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ

Козлов В.Л.¹, Васильчук А.С.¹, Рубис А.С.², Лаппо Е.А.²

¹Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь

²Академия МВД Республики Беларусь
Минск, Республика Беларусь

Важной задачей криминалистической экспертизы является определение вида и конкретного экземпляра ручного огнестрельного оружия. Успешная идентификация конкретного экземпляра оружия напрямую зависит от применяемых в процессе исследования технических средств и методов, что позволяет расширить круг идентификационных признаков и в результате значительно повысить качество проводимых исследований, обоснованность и достоверность полученных выводов. В криминалистической литературе справедливо отмечается, что техника исследования пуль, гильз и огнестрельного оружия в целях его идентификации пока отстает от возможностей, которые может обеспечить современное развитие технических наук [1]. В связи с этим технические средства, применяемые при производстве судебно-баллистических экспертиз, нуждаются в совершенствовании.

Для определения модели оружия, из которого выстрелена исследуемая пуля, измеряются: диаметр пули, число отобразившихся на ней нарезов, ширина и угол их наклона. Одним из параметров, определение которого до настоящего времени представляло значительную сложность, является измерение высот неровностей профиля (микрорельефа) следов полей нарезов канала ствола на выстрелянных пулях. В целях решения обозначенной выше задачи для получения необходимых в ходе проведения судебно-баллистических экспертиз параметров следов канала ствола оружия, отобразившихся на поверхности пули, предлагается методика, основанная на корреляционном анализе их цифрового стереоизображения.

Известные измерители расстояний [2], в которых используется цифровая фотокамера и анализ стереоизображения, не обеспечивают необходимую точность проводимых измерений, в частности не позволяют измерять высоты неровностей

профиля следов полей нарезов канала ствола, отобразившихся на метаемом элементе (пуле) в процессе выстрела, а также их линейные и угловые параметры.

Принцип работы разработанной системы измерения линейных и угловых параметров, а также высоты профиля (микрорельефа) следов заключается в следующем. С использованием цифрового микроскопа формируется цифровое стереоизображение следов нарезов канала ствола на стреляных пулях следующим образом. На фотоприемной матрице через оптическую систему микроскопа формируется первое цифровое изображение измеряемого следа. Затем с помощью координатного стола микроскопа объект исследования перемещается в пространстве в горизонтальной плоскости на расстояние L и производится формирование второго цифрового изображения. На первом изображении стереопары указываются точки исследуемого объекта $t.A$ и $t.B$ (окна сканирования), имеющие координаты на первом и втором снимках x_1, x'_1 и x_2, x'_2 , соответственно, до которых необходимо произвести измерение расстояния. Окна сканирования с аналогичными координатами автоматически формируются и на втором снимке. После этого в процессоре осуществляется сканирование первого окна относительно второго по горизонтали и вертикали, при этом вычисляется значение двухмерной нормированной корреляционной функции между выделенными изображениями в соответствии с выражением:

$$R(\Delta x, \Delta y) = \frac{\sum_{x,y} (I_1(x, y) - \bar{I}_1)(I_2(x + \Delta x, y + \Delta y) - \bar{I}_2)}{\sqrt{\sum_{x,y} (I_1(x, y) - \bar{I}_1)^2 \sum_{x,y} (I_2(x + \Delta x, y + \Delta y) - \bar{I}_2)^2}}$$

где I_1 – сигнал окна сканирования первого изображения; I_2 – сигнал окна сканирования второго изображения; x_{max}, y_{max} – размер скани-

рующего окна по горизонтали и вертикали, соответственно; Δx , Δy – сдвиг по горизонтали и вертикали, соответственно, \bar{I}_1 , \bar{I}_2 – средние значения сигнала в первом и втором окне сканирования, соответственно; $n = 1, 2$. Из приведенного выражения следует, что сканирование осуществляется по горизонтали и вертикали, что компенсирует возможное отклонение перемещения объекта от горизонтальной линии. По положению максимального значения нормированной корреляционной функции определяют сдвиги между изображениями в пикселях $\Delta x_A = x'_1 - x_1$ и $\Delta x_B = x'_2 - x_2$. Дальности R_A и R_B до выделенных точек объекта определяется из выражения

$$R_A = \frac{f \cdot L}{\omega_x \cdot \Delta x_A}, \quad R_B = \frac{f \cdot L}{\omega_x \cdot \Delta x_B},$$

где L – перемещение объекта по горизонтали, f – фокусное расстояние фотокамеры, ω_x – расстояние между чувствительными элементами фотоприемной матрицы по горизонтали. По разности расстояний до указанных точек исследуемого объекта (т.А и т.В) определяется высота профиля поверхности объекта $\Delta R = R_B - R_A$.

Система позволяет измерять линейные размеры индивидуальных особенностей следа (микрорельефа) на исследуемом объекте между указанными точками. Это осуществляется следующим образом. Определив значение расстояния до i -того объекта измерения R_i и размеры этого объекта (расстояние между указанными точками) на фотоприемной матрице, ширина измеряемого объекта D_i и высота H_i определяются из выражений:

$$H_i = \frac{R_i \cdot y_i}{f}, \quad D_i = \frac{R_i \cdot x_i}{f}.$$

Система также обеспечивает измерение угла наклона следов нарезов на пулях относительно ее продольной оси. Выражение для определения угла наклона нареза α имеет следующий вид:

$$\alpha = \arctg \left(\frac{X_2 - X_1}{Y_2 - Y_1} \right),$$

где X_1 , Y_1 – координаты на фотоприемной матрице начальной точки нареза, X_2 , Y_2 – координаты конечной точки нареза.

Корреляционная обработка изображений в соответствии с описанным алгоритмом позволяет определить сдвиг между изображениями Δx исследуемого объекта на матрице с точностью до одного чувствительного элемента (пикселя). Для уточнения величины сдвига Δx в субпиксельном диапазоне используется билинейная интерполяция сигнала с заданным шагом, алгоритм которой приведен в [3]. Применение субпиксельной интерполяции обеспечивает разрешение при определении сдвига Δx на величину, равную менее десятой доли пикселя, что значительно повышает точность измерения размерных параметров. Знать точное значение расстояния между

чувствительными элементами фотоприемной матрицы и значение фокусного расстояния объектива устройства фотосъемки нет необходимости, поскольку данные значения можно определить в процессе калибровки системы по эталонному объекту.

Для реализации корреляционной методики измерения параметров и высот профиля следов нарезов на пулях было разработано программное приложение на языке объектно-ориентированного программирования C++. В процессе использования приложения на экране монитора отображается лишь первое изображение из полученной в процессе фотосъемки стереопары. Приложение позволяет пользователю определять дальность до выделенных точек элементов следа на исследуемом объекте, значение расстояния между указанными точками, линейные размеры, как исследуемого следа, так и объекта исследования (пули), а также углы наклона нарезом относительно ее продольной оси.

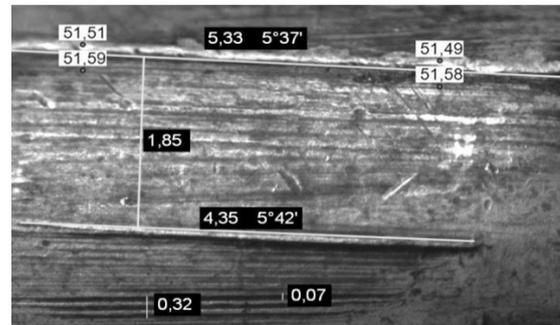


Рисунок 1 – Пример работы измерительной системы

На рисунке 1 приведен пример работы измерительной системы (расстояния приведены в мм). Цифрами на белом фоне показаны расстояния до выбранных точек объекта измерения, точками отмечены выбранные элементы объекта измерения, до которых устанавливается искомое расстояние. По разности расстояний до точек объекта можно определить глубину профиля следа нареза на пуле. Например, для точки, расположенной в левой части снимка на расстоянии $R=51,51$ мм, высота профиля следа составляет 80 мкм ($\Delta R=51,59 - 51,51 = 0,08$ мм. Белыми цифрами на черном фоне показаны расстояния между выбранными точками и углы наклона следов к продольной оси пули в градусах. Например, ширина следа нареза на пуле составляет 1,85 мм, а длина следов от «боевой» и «холостой» граней нареза составляют 5,33 мм и 4,35 мм соответственно. Углы наклона указанных следов относительно продольной оси пули равны $5^\circ 37'$ и $5^\circ 42'$, соответственно. На снимке также отображены результаты измерения расстояний между отдельными валиками и бороздками (их группами), отобразившимися в первичном следе

поля нарезов канала ствола, расстояние между которыми составляет 320 мкм и 70 мкм, соответственно.

Применение корреляционной обработки цифровых изображений объектов экспертного исследования позволяет расширить перечень методов и средств измерений, оптимизировать процесс измерения и тем самым повысить качество, достоверность и репрезентативность проводимых исследований.

1. Комаринец Б.М. Идентификация огнестрель-

ного оружия по выстрелянным пулям: пособие для экспертов / Б.М. Комаринец. – М.: ВИОН СССР. – 1961. – 316 с.

2. Измеритель расстояний на цифровой фотокамере для криминалистических экспертиз: пат. 8572 Респ. Беларусь, МКИ G 01 С 3/00 / В. Л.Козлов, И.А. Мороз, А.С. Рубис; – 2012.

3. Козлов В.Л., Васильчук А.С. Субпиксельная обработка изображений для измерения дальности на основе цифровой фотокамеры // Приборы и методы измерений. – 2012. – №1(4). – С. 115-120.

УДК 621.371.362, 521.3

СИСТЕМА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ОРБИТ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ

Кольчевский Н.Н., Охрименко И.П., Петров П.В.

Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь

Искусственные спутники земли классифицируются по назначению на исследовательские, метеорологические, навигационные, разведывательные, спутники связи, космические корабли и станции. Наиболее дешевыми являются микро- и наноспутники массой менее 100 кг. [1,2] Выделяют четыре класса искусственных спутников по высоте орбиты над поверхностью Земли:

риод обращения - от 127 минут до 24 часов. Угловая скорость - единицы и доли угловой минуты в секунду.

- Геостационарные и геосинхронные - 35786км. Их период обращения - 23ч 56м 4,09с.

- Высокоорбитальные - более 35786км. Орбиты могут быть высокоэллиптическими или близкими к круговым. [2]

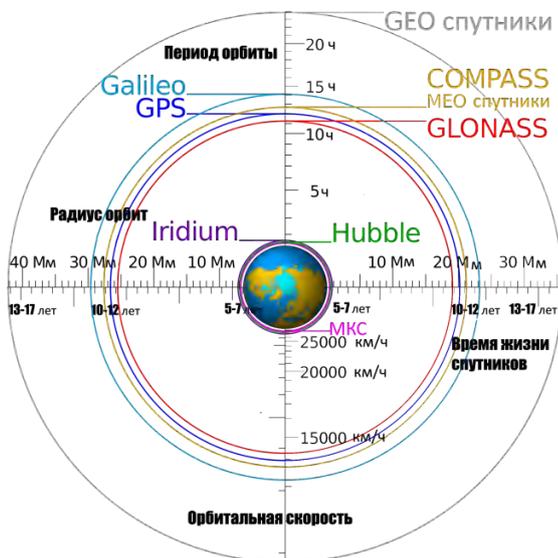


Рисунок 3 – Классификация орбит ИСЗ.

- Низкоорбитальные от 160км до 2000км над поверхностью Земли. Угловая скорость спутников LEO максимальна - от 0,2°/с до 2,8°/с, периоды обращения от 87,6 минут до 127 минут.

- Среднеорбитальные с высотами от 2000км до 35786км. Это спутники навигации и связи («GPS» - 20200 км, «ГЛОНАСС» - 19100км). Пе-

В зависимости от класса орбит спутников. Известны баллистический, оптический и радиотехнический методы детектирования. Проведение радиотехнических и оптических измерений связано с определением геометрических и кинематических характеристик или временных сдвигов, отнесенных к фиксированным в пространстве точкам (базисным точкам) [1]. Базисными точками могут быть стационарные, самолетные измерительные пункты, радиомаяки для радиотехнических измерений или естественные ориентиры, звезды, центры касания линий визирования видимых дисков планет для оптических измерений. Текущие координаты и скорость определяются баллистическими методами. К числу оптических методов относится фотометрия искусственных спутников земли. Одной из особенностей данных методов является то, что измерительная техника находится на поверхности Земли.

С каждым годом количество спутников на околоземных орбитах продолжает расти. В связи со сложным движением, асимметрией Земли, влиянием атмосферы и многих других факторов – спутники могут сходиться со своих предполагаемых орбит и теряться в околоземном космическом пространстве. [3]

В данной работе рассматривается задача де-