

Библиографические ссылки

1. Де Луна А. Б. Руководство по клинической ЭКГ. – М.: Медицина, 1993. – 704 с. – URL: <http://www.booksmed.com/engine/go.php?url=aHR0cDovL2Jvb2tzbWVhLnNvbS91cGxvYWZlL2ZpbGVzODcxYXNXLzlwMDYucmFu> (дата обращения: 16.05.2013).
2. Коробейников А. В. Алгоритмы и комплексы программ мониторинга компьютерных систем для анализа морфологии и ритма электрокардиограмм : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.18, 05.11.16. – Ижевск, 2004. – 170 с.
3. Коробейников А. В. Выбор метода сегментации при анализе формы электрокардиограммы // Математическое моделирование и интеллектуальные системы : темат. сб. науч. тр. / Ин-т экономики Урал. отд-ния РАН. – Екатеринбург ; Ижевск, 2004. – № 1. – С. 30–35.
4. Коробейников А. В. Распознавание образов при анализе формы электрокардиограммы // Математическое моделирование и интеллектуальные системы : темат. сб. науч. тр. / Ин-т экономики Урал. отд-ния РАН. – Екатеринбург ; Ижевск, 2004. – № 1. – С. 45–53.
5. Смоленцев Н. К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MatLab. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 304 с. – URL: http://electrolib.com/library/math/Smolencev_Matlab_Wavelets.djvu (дата обращения: 16.05.2013).
6. Люгер Д. Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. – 4-е изд. – М.: Вильямс, 2003. – 864 с. – URL: <http://dfiles.ru/files/qxd0onxbx> (дата обращения: 16.05.2013).
7. Коробейников А. В., Исламгалиев И. И. Модификация алгоритма концептуальной кластеризации Cobweb для количественных данных с использованием нечеткой функции принадлежности // Приволж. науч. вестн. – Ижевск : Самохвалов Антон Витальевич, 2013. – № 3. – С. 9–14. – URL: http://files.izhtelemed.ru/articles/2013_article_2_blogs_izhtelemed_ru_kav.pdf (дата обращения: 16.05.2013).

* * *

I. I. Islamgaliev, Master's degree student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University
A. V. Korobeynikov, PhD in Engineering, Associate professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University
A. A. Gorbushin, Master's degree student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Use of Cobweb clustering algorithm in the electrocardiogram cycle form analysis

The article considers electrocardiogram (ECG) cycle form analysis algorithms in the part of ECG base training selection data preprocessing, segments parameters calculation and segments clustering. It is offered to use Haar wavelet for signals ECG segments preprocessing. Values of wavelet-transformation are used as segment parameters. Application of the conceptual clustering Cobweb algorithm modified for numerical data allowed obtaining the limited number of clusters for ECG cycle segments.

Keywords: cardiocycle form, Cobweb clustering algorithm, Haar wavelet

Получено: 25.04.13

УДК 623.593

В. В. Коробейников, кандидат технических наук, научный сотрудник;
Институт механики Уральского отделения РАН, Ижевск
В. С. Казаков, кандидат технических наук, профессор
Ижевский государственный технический университет
имени М. Т. Калашникова

АКУСТИЧЕСКАЯ МИШЕНЬ С ВЫНОСНЫМ ДАТЧИКОМ

Рассмотрена акустическая мишень, в которой для определения времени срабатывания датчиков применяется виртуальный цифровой осциллограф. Приведена математическая модель мишени.

Ключевые слова: мишень, траектория, аппроксимация, координата

Применение виртуального цифрового осциллографа (ВЦО) в качестве сертифицированного измерительного прибора в акустической мишени, используемой для испытаний стрелкового оружия (СО) в условиях заводского тира, требует специального размещения датчиков и разработки математической мишени, которая обеспечивала бы требуемую точность определения точек попадания (ТП) пуль в области их регистрации.

Акустическая мишень для определения координат (ТП) пуль, движущихся со сверхзвуковой скоростью, использует измеренные значения времени срабатывания акустических датчиков от воздействия звукобаллистической волны, которая образуется во-

круг пули в виде конусообразной «юбки» (конус Маха) [1]. Математическая модель мишени получается из рассмотрения картины движения пули по траектории и воздействия звукобаллистической волны на датчик с учетом предположений относительно траектории движения и формы конуса Маха. Примем, что траектория движения пули перпендикулярна к плоскости регистрации (ПР) и проходит через ТП, а образующая конуса звукобаллистической волны представляет собой прямую линию. Датчики расположены в ПР. Момент воздействия звукобаллистической волны на датчик показан на рис. 1. На рисунке обозначено: T – траектория движения пули, ПР – плоскость регистрации, ТП – точка попадания, N – нор-

маль в этой точке к плоскости регистрации, D – датчик, P – пуля, DP – образующая конуса Маха, ϑ – угол Маха. За начало отсчета примем момент пересечения пуль PP . Полагая скорость движения пули в зоне срабатывания датчиков постоянной, получим систему нелинейных алгебраических уравнений [2], порядок которой равен числу датчиков

$$\sqrt{(y-y_i)^2 + (z-z_i)^2} - \frac{va(t_i+t_0)}{\sqrt{v^2-a^2}} = 0, \quad (1)$$

где y, z – координаты точки попадания; y_i, z_i – координаты i -го датчика; $i=1, \dots, n$; n – количество датчиков; v – скорость пули в зоне срабатывания датчиков; a – скорость звука; t_0 – время движения пули от PP до момента касания конусом Маха первого сработавшего датчика.

Скорость звука можно включить в число неизвестных или определить по формуле $a = \sqrt{\frac{kgp}{\Pi}}$, где $k=1,4$ – показатель адиабаты; p – атмосферное давление; Π – плотность воздуха [3, 4]. Обозначим $\zeta = \frac{va}{\sqrt{v^2-a^2}}$, тогда неизвестными в (2) будут y_0, z_0, t_0, ζ .

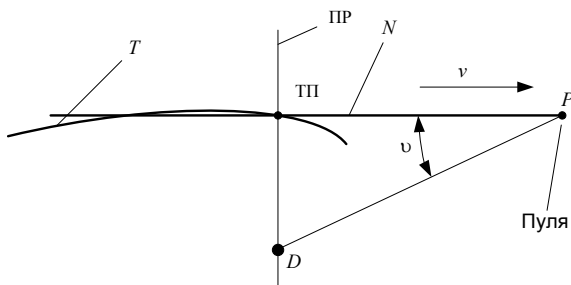


Рис. 1. Момент касания датчика звукобаллистической волной в случае аппроксимации траектории прямой, перпендикулярной к ПР

Система (1) представляет собой математическую модель акустической мишени в случае аппроксимации траектории движения пули прямой, проходящей через ТП и перпендикулярной к ПР. Эта система предполагает, что времена датчиков определяются специальным прибором, работа которого синхронизирована с первым сработавшим датчиком и обеспечивает определение времени срабатывания каждого датчика независимо от точки попадания.

В случае применения ВЦО, в котором число каналов для записи сигналов меньше количества датчиков, необходимо разместить датчики таким образом, чтобы отдельные каналы можно было использовать для записи сигналов от нескольких датчиков. Датчики, сигналы с которых коммутируются в один канал, должны быть размещены так, чтобы они при любой ТП всегда срабатывали в определенной последовательности. На рис. 2 показан вариант размещения датчиков акустической мишени, когда координатные датчики расположены по углам несущего

каркаса, а стартовый датчик вынесен вперед навстречу движению пули на расстояние, обеспечивающее срабатывание стартового датчика первым независимо от ТП. При этом датчики D_s и D_1 закоммутированы на один канал ВЦО.

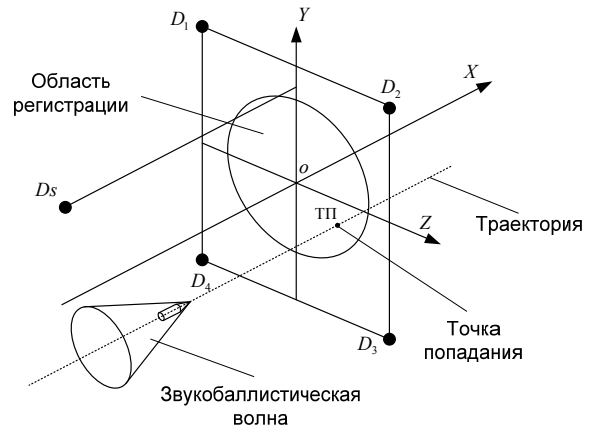


Рис. 2. Схема акустической мишени с выносным датчиком

На рис. 2 обозначено: D_s – стартовый датчик; $D_1, \dots, D_4$ – координатные датчики; ТП – точка попадания в области регистрации. Время, затраченное на движение пули с момента срабатывания стартового датчика до момента срабатывания координатного i -го датчика, определяется по формуле (см. рис. 3).

$$t_i = \frac{\left(\frac{rd_i}{\operatorname{tg} v} - \frac{rds}{\operatorname{tg} v} + xd_i - xds \right)}{v}, \quad (2)$$

где $rd_i = \sqrt{(y-yd_i)^2 + (z-zd_i)^2}$; $rds = \sqrt{(y-yds)^2 + (z-zds)^2}$; $\operatorname{tg} v = \frac{a^2}{\sqrt{v^2-a^2}}$;

$i=1, \dots, n-1$ – номер координатного датчика; n – количество датчиков, включая стартовый; y, z – координаты ТП; yd_i, zd_i, xd_i – координаты расположения i -го датчика; yds, zds, xds – координаты расположения стартового датчика; a – скорость звука; v – скорость движения пули.

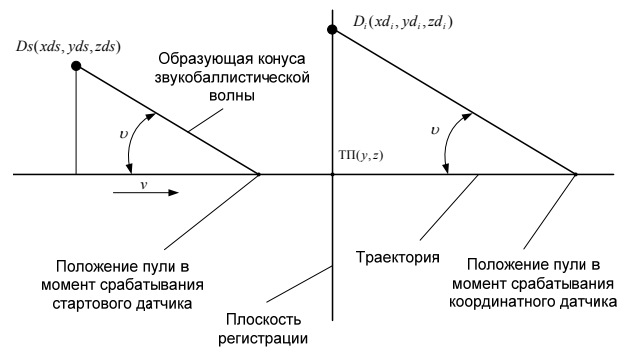


Рис. 3. К выводу математической модели мишени с выносным датчиком

Обозначим

$$f_i = \frac{rd_i}{tgv} - \frac{rds}{tgv} + xd_i - xds - vt_i, \quad (3)$$

тогда система уравнений

$$f_i = 0 \quad (4)$$

является математической моделью акустической мишени с выносным датчиком. Неизвестными в этой системе являются y, z – координаты ТП, v – скорость движения пули в момент пересечения ПР. Для решения системы (4) применим метод Ньютона [5]. Последовательность итераций определим формулой

$$p^{j+1} = p^j + dp^j, \quad (5)$$

где $p^j = \begin{pmatrix} y \\ z \\ v \end{pmatrix}$ – значения неизвестных на j -й итерации;

$dp^j = \begin{pmatrix} dpy \\ dpz \\ dpv \end{pmatrix}$ – решение на j -й итерации системы

уравнений, полученной линеаризацией (4),

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial y} & \frac{\partial f_1}{\partial z} & \frac{\partial f_1}{\partial v} \\ \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_{n-1}}{\partial y} & \frac{\partial f_{n-1}}{\partial z} & \frac{\partial f_{n-1}}{\partial v} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dpy \\ dpz \\ dpv \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} f_1 \\ \dots \\ f_{n-1} \end{pmatrix}, \quad (6)$$

где $\frac{\partial f_i}{\partial y} = \frac{1}{tgv} \left(\frac{dy_i}{rdi} - \frac{dys}{rds} \right)$; $\frac{\partial f_i}{\partial z} = \frac{1}{tgv} \left(\frac{dz_i}{rdi} - \frac{dzs}{rds} \right)$;

$\frac{\partial f_i}{\partial v} = \frac{vtgv}{a^2} (rd - rds) - t_i$; $dy_i = y - yd_i$; $dz_i = z - zd_i$;

$dys = y - yds$; $dzs = z - zds$; i – номер датчика.

Начальное приближение определим в виде $y = 0$; $z = 0$; $v = 0,9v_0$; v_0 – штатное значение дульной скорости пули.

Из-за упрощения модели и неточностей в задании координат расположения датчиков координаты ТП определяются с погрешностями, поэтому для их уточнения применяют регрессионные модели, получаемые в результате обработки опытных данных специальных стрельб.

Окончательно координаты ТП определяются по формулам

$$y = \hat{y} + \varphi_y(\hat{y}, \hat{z}), \quad z = \hat{z} + \varphi_z(\hat{y}, \hat{z}),$$

где $\hat{y}, \hat{z}$ – вычисленные по (3) – (6) координаты ТП; $\varphi_y(\hat{y}, \hat{z})$ – функция для вычисления поправки координаты $\hat{y}$; $\varphi_z(\hat{y}, \hat{z})$ – функция для вычисления поправки координаты $\hat{z}$.

Моделирование в среде Mathcad [6] показало высокую скорость сходимости итераций (5) и полученные решения с заданной точностью.

Таким образом, предложенная конструкция акустической мишени с выносным датчиком, в которой для измерения времени прохождения звукобаллистической волны от одного датчика до другого применяется сертифицированный измерительный прибор, и математическая модель мишени обеспечивают вычисление ТП с требуемой точностью.

Эта мишень может применяться в заводских типах, в которых на несущую конструкцию мишени накладываются различные ограничения, не позволяющие использовать мишень с пространственным расположением датчиков [7].

Библиографические ссылки

1. Окунев Б. Н. Основы баллистики. Т. 1 : Основная задача внешней баллистики. Кн. 1. – М. : Воен. изд-во Нар. комиссариата обороны, 1943. – 524 с.
2. Пат. 2392577 Рос. Федерация, МПК F41 J 5/06. Устройство определения внешнебаллистических параметров на основе акустических датчиков / Афанасьева Н. Ю., Афанасьев В. А., Веркиенко Ю. В., Коробейников В. В. ; заявитель и патентообладатель Институт прикладной механики УРО РАН. – № 2008129855/02 ; заявл. 18.07.2008 ; опубл. 20.06.2010. Бюл. № 17-ил.
3. Ермолаев С. И., Комаров Л. Б., Чурбанов Е. В. Внешняя баллистика : учеб. для слушателей Акад. / Воен.-мор. акад. кораблестроения и вооружения им. А. Н. Крылова. – Л. : [б. и.], 1958. – 714 с.
4. Коновалов А. А., Николаев Ю. В. Внешняя баллистика. – М. : ЦНИИ информации, 1979. – 288 с.
5. Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М. Численные методы. – М. : Наука, 1987. – 600 с.
6. Дьяконов В. П. Mathcad 11/12/13 в математике : справ. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – 958 с.
7. Коробейников В. В., Казаков В. С., Коробейникова И. В. Определение внешнебаллистических параметров в акустической мишени // Информационные системы в промышленности и образовании : сб. тр. науч.-техн. конф. фак. «Информатика и вычислительная техника», посвящ. 50-летию каф. «Вычислительная техника» ИжГТУ (25 апр. 2009 г.). – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2009. – С. 75–78.

V. S. Kazakov, PhD in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

V. V. Korobeynikov, PhD in Engineering, Senior research worker, Institute of Mechanics of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk

Acoustic target with portable sensor

The acoustic target is considered in which the virtual digital oscillograph is applied to determine the time of sensor operation. The mathematical model of the target is given.

Keywords: target, trajectory, approximation, coordinate

Получено: 03.04.13