

ТРЕБОВАНИЯ К ОПТИКОЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЕ ДЛЯ БЕСКАНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ МАССЫ КРС

Гируцкий И.И.,¹ Сеньков А.Г.,² Немирович С.И.¹

1). Белорусский государственный аграрный технический университет

Минск, Республика Беларусь;

2). ГП «Центр радиотехники НАН Беларуси»

Минск, Республика Беларусь;

При работе с животными в сельском хозяйстве нужно не только знать технологию выращивания, но и без вреда для животного контролировать параметры жизнедеятельности. Одним из таких параметров у КРС является масса, которую необходимо измерять и оценивать на всех этапах взросления, как у молодняка, так и у взрослых особей. Определение живой массы проводят систематически от рождения животного до случного возраста. Животных старше двух лет взвешивают два раза в год.[1] Каждое измерение массы коровы традиционными механическими весами является для неё стрессовым состоянием. Стресс может снизить массу коровы на 10-18%. Измерение массы такими способами трудоемки и трудозатратны. Поэтому необходимо применять дистанционные измерения, которые не вызывают стресса у животных и позволяют контролировать живую массу ежедневно. Для более точного контроля необходимо составить требования к оптоэлектронной системе для бесконтактного измерения массы КРС.

Опытным путем было установлено, что для получения точных данных животное должно стоять в профиль на расстоянии от 2 до 4 метров от объектива камеры. Также необходимо оценить погрешность измерения линейных промеров по пиксельному изображению для используемой камеры.

Результат – преобразование трехмерных координат точек мировой системы координат в пиксельные координаты изображения – имеет вид:

$$\begin{bmatrix} {}^c P_x \\ {}^c P_y \\ {}^c P_z \\ 1 \end{bmatrix} = {}^v_w \mathbf{T}_{4 \times 4} \cdot \begin{bmatrix} {}^w P_x \\ {}^w P_y \\ {}^w P_z \\ 1 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} {}^s I P_r \\ {}^s I P_c \\ s \end{bmatrix} = {}^I_F \mathbf{T}_{3 \times 3} \cdot {}^F_C \mathbf{T}_{3 \times 3} \cdot \begin{bmatrix} {}^c P_x \\ {}^c P_y \\ 1 \end{bmatrix}.$$

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 0 & -1/d_y & 0 \\ 1/d_x & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1/f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1/d_y & 0 \\ 1/d_x & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/f \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Отсюда получается, что масштабирующий множитель в выражении (1) равен:

$$s = \frac{1}{f}. \quad (3)$$

На практике для получения матрицы камеры $\mathbf{C} = {}^I_F \mathbf{T}_{3 \times 3} {}^F_C \mathbf{T}_{3 \times 3}$ обычно выполняется процедура калибровки камеры.

Минимальные погрешности определения линейных промеров тела коровы на плоском пиксельном изображении можно считать равными половине пикселя, соответственно, по ширине и высоте:

$$\Delta^I \mathbf{P} = s \begin{bmatrix} 1/2 \\ 1/2 \\ 1 \end{bmatrix} = \frac{s}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Соответствующие им погрешности $\Delta x = \Delta^C P_x$, $\Delta y = \Delta^C P_y$ определения линейных промеров в пространственной СК, связанной с камерой, могут быть определены на основе выражения (1) с использованием обратной матрицы камеры \mathbf{C}^{-1} :

$$\begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{C}^{-1} \cdot \Delta^I \mathbf{P}. \quad (5)$$

Для возможности оценки погрешностей Δx , Δy определения линейных промеров выразим матрицу камеры \mathbf{C} через фокусное расстояние f камеры и размеры ее пикселей d_x , d_y и найдем соответствующую обратную матрицу:

$$|\mathbf{C}| = \frac{1}{fd_x d_y}; \quad \mathbf{C}^{-1} = \begin{bmatrix} 0 & d_x & 0 \\ -d_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & f \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Тогда, погрешности Δx , Δy определения конечных точек отрезков, соответствующих линейным промерам тела коровы, могут быть оценены по формуле:

$$\begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ 1 \end{bmatrix} = \frac{1}{2f} \begin{bmatrix} 0 & d_x & 0 \\ -d_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix} = \frac{1}{2f} \begin{bmatrix} d_x \\ -d_y \\ 2f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_x/(2f) \\ -d_y/(2f) \\ 1 \end{bmatrix}, \quad (7)$$

а погрешность измерения линейного промера тела коровы по цифровому фото может быть оценена по формуле:

$$\Delta L = 2\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \frac{\sqrt{d_x^2 + d_y^2}}{2f}, \quad (8)$$

где d_x , d_y – ширина и высота пикселя; f – фокусное расстояние камеры.

При одинаковой длине и ширине пикселя $d_x = d_y$, формула (8) упрощается:

$$\Delta L = \frac{d_x}{\sqrt{2}f}. \quad (9)$$

Кроме допустимых погрешностей, необходимо определить допустимый угол отклонения камеры от перпендикуляра по отношению к проекции животного, как по горизонтали, так и по вертикали.

1. Шляхтунов, В.И. Скотоводство: учебник / В.И. Шляхтунов, В.И. Смунов. - Мн.: Техноперспектива, 2005. – 387 с.