

МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 631.171(075.8)

Д. АЛИХАНОВ, Ж. ШЫНЫБАЙ

(Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы)

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Аннотация

Использование информационных технологий для определения сортовых показателей клубней картофеля позволяет повысить производительность и точность выполнения необходимых измерений с автоматической регистрацией и обработкой информации при селекционной работе. Экспериментальная установка позволяет определять следующие параметры клубней картофеля: длина (a), ширина (b), периметр (L), площадь (S) продольного сечения и коэффициенты формы. Экспериментальные исследования проведены на трех сортах картофеля, отличающихся по форме клубней. Результаты экспериментальных исследований оптического-электронного устройства для определения геометрических параметров клубней картофеля показали, что значения длины и ширины клубней овальной и удлинненно-овальной форм существенно зависят, а значения площади и периметра практически не зависят от ориентации объекта относительно камеры. Для оценки точности измерения геометрических параметров клубня используется значение наибольшей возможной статистической ошибки. Оценка размеров и формы клубней картофеля всех исследованных сортов по критериям, основанным на определении площади и периметра, дают объективные количественные значения информативных признаков, что подтверждают теоретические расчеты.

Ключевые слова: оптическое-электронное устройство, вебкамера, LabVIEW, клубни картофеля, клубневый анализ, геометрические параметры, форма клубня, коэффициент формы.

В настоящее время процесс клубневого анализа сортового картофеля при селекционной работе проводится глазомерной оценкой эксперта. Для определения значений линейных размеров используется штангенциркуль с ручной регистрацией значений измеренных параметров (длины, ширины и толщины) в журнале. Применяемый визуальный способ отбора сортовых клубней картофеля имеет низкую производительность и точность. Для повышения производительности труда процесса клубневого анализа и расширения количества определяемых геометрических параметров разработан экспресс метод и экспериментальная установка для определения морфологических признаков клубней сортового картофеля с использованием оптического-электронных средств обработки информации. Обоснованы информативные признаки, характеризующие с одной стороны показатели качества клубней семенного картофеля, а с другой стороны – пригодные к компьютерной обработке. На основе математических расчетов параметров клубня картофеля аппроксимированного эллипсоидом показано, что в процессе измерения длины и ширины на их значение зависят от ориентации клубня на рабочей поверхности объектива камеры. Значения площади и периметра не зависят от расположения объекта относительно камеры. Значение коэффициента формы K_f зависит от ориентации объекта относительно вебкамеры, а

величина коэффициента формы K_2 не зависит [1]. Проведены лабораторные и производственные испытания экспресс-метода. В результате исследований созданы электронные паспорта сортов клубней картофеля Казахстанской селекции. Использование информационных технологий для определения сортовых показателей клубней картофеля позволяет повысить производительность и точность выполнения необходимых измерений с автоматической регистрацией и обработкой информации при селекционной работе.

Экспериментальная установка позволяет определять следующие параметры клубней картофеля: длина (a), ширина (b), периметр (L), площадь (S) продольного сечения, коэффициенты формы

$$K_1 = \frac{a}{b} \cdot 100\% \text{ и } K_2 = \frac{L^2}{S}.$$

Цель экспериментальных исследований - определение технических параметров опико-электронного устройства и исследование степени влияния ориентации клубня относительно камеры на значение геометрических параметров клубней для различных сортов картофеля. Для проведения экспериментальных исследований были выбраны три сорта картофеля из Казахстанской селекции, отличающихся формой клубней (круглая – сорт «Тениз», овальная – сорт «Текес» и удлиненно-овальная – сорт «София»). Экспериментальные лабораторные исследования проводились на опико-электронном устройстве в исследовательской лаборатории КазНАУ. Опико-электронное устройство состоит из вебкамеры, компьютера (ноутбук) с программным обеспечением (National Instruments Vision Assistant 8.5 и LabVIEW) и рабочей поверхности. Алгоритм получения и обработки изображений разработан в среде LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) на графическом языке программирования «G». Виртуальный инструмент установки обеспечивает возможность визуального контроля изображения объекта и значения геометрических параметров [2]. Длина и ширина клубня дополнительно были измерены с помощью штангенциркуля с точностью 0,1мм. Оценка точности определения длины и ширины клубня компьютерным способом осуществлялась путем сравнения данных, полученных на экспериментальной установке, с данными измеренными с помощью штангенциркуля. Время измерения всех геометрических параметров с вычислением значений коэффициентов формы и занесением данных в таблицу, отображением на мониторе компьютера для одного клубня заняло в среднем около 1,5 секунды. Продолжительность измерения длины и ширины клубня с помощью штангенциркуля с последующим вычислением значения коэффициента формы K_1 заняло около 6 секунд. Разница между значениями и линейными размерами (длины и ширины), определенные на экспериментальной установке и измеренные штангенциркулем с десятикратной повторностью, не превышает 1,3мм. В относительных единицах – не более 4%. Ошибка определения геометрических параметров с помощью опико-электронного устройства складывается из двух составляющих – из ошибки технических средств и ошибки обусловленной положением объекта на рабочей поверхности относительно объектива камеры. Так как клубень картофеля имеет неровную поверхность, то при каждой установке имеется некоторое отклонение положения клубня относительно камеры и соответственно изменение изображения клубня на ПЗС матрице. При экспериментальных исследованиях не ставилась задача фиксированной установки клубня на рабочей поверхности, так как в реальных условиях работы фиксация объекта требует дополнительное время и технические приспособления.

Для каждого клубня картофеля геометрические параметры определялись с десятикратной повторностью для четырех положений объекта (клубня) относительно камеры - под углами 0° , 45° , 90° и 135° . После каждого замера клубень картофеля удаляли с рабочей поверхности, для следующего замера устанавливался заново. Такой подход позволяет определить интегрированное значение погрешности опико-электронного устройства. Для демонстрации методики определения геометрических параметров взят клубень картофеля овальной формы, располагаемый в четырех положениях по отношению к объективу вебкамеры. Разработан виртуальный инструмент, который состоит из передней панели и блока диаграмм. Результаты определения параметров выводятся на монитор. На экран, с правой стороны, выводятся результаты обработки изображения в виде значений параметров клубня: площадь, периметр, длина, ширина и значения коэффициентов формы K_1 и K_2 . Выше указаны допустимые пределы изменения коэффициента формы K_1 для

исследуемого сорта. Рядом расположен индикатор брака. Если значение коэффициента в допустимой зоне, загорается зеленый свет, а если за указанные пределы, то загорается красный свет. Для удобства работы селекционера на экран выведены и значения коэффициента формы K_2 , используемый агрономами в практике селекционной работы. Для демонстрации методики определения геометрических параметров выбран клубень картофеля овальной формы сорта «Текес», располагаемый в четырех положениях по отношению к объективу вебкамеры.

1 положение. Клубень картофеля овальной формы расположен на рабочей поверхности горизонтально относительно вебкамеры, длина – параллельно оси абсцисс, а ширина - оси ординат. Расположение клубня картофеля для первого положения показано на рисунке 1.

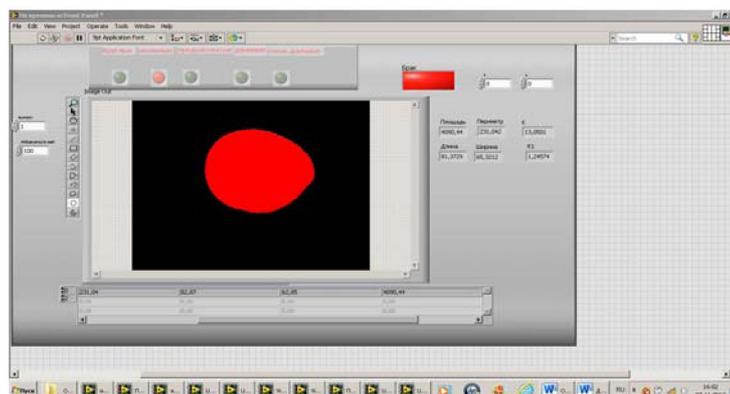


Рисунок 1 – Горизонтальное расположение объекта

2 положение. Клубень картофеля овальной формы расположен примерно под 45 градусом относительно вебкамеры. Расположение для второго положения показано на рисунке 2.

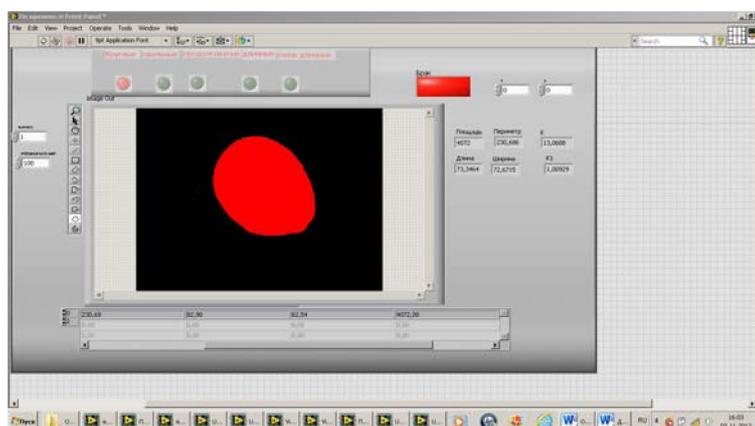


Рисунок 2 – Расположение объекта для второго положения

3 положение. Клубень картофеля овальной формы расположен примерно под 90 градусом относительно вебкамеры. Расположение для третьего положения показано на рисунке 3.

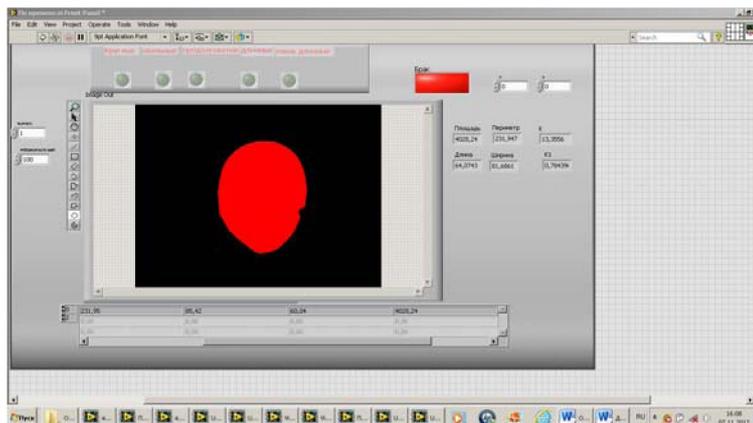


Рисунок 3 – Расположение объекта примерно под 90 градусов относительно вебкамеры

4 положение. Клубень картофеля овальной формы расположен примерно под 135 градусов относительно вебкамеры. Расположение для четвертого положения показано на рисунке 4.

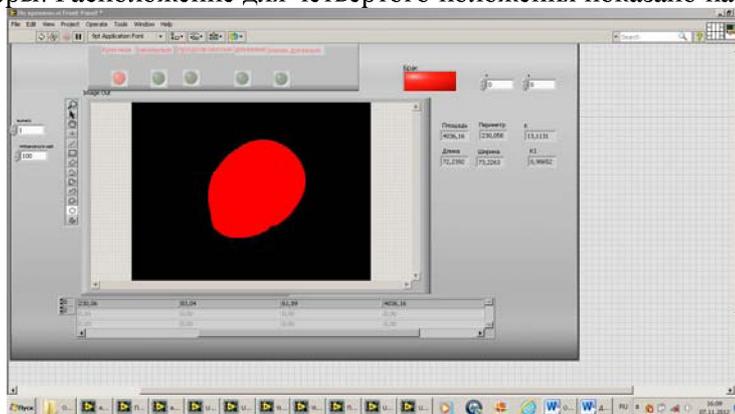


Рисунок 4 – Расположение объекта для четвертого положения относительно вебкамеры

Параметры клубней округлой и удлинённо-овальной форм были измерены аналогично. Для каждого положения клубней картофеля разной формы были определены геометрические параметры клубня с десятикратной повторностью. После каждого замера параметров, клубень убирается с рабочей поверхности и для следующего замера устанавливается заново. На экспериментальной установке с десятикратной повторностью были определены длина, ширина, периметр, площадь изображения и значения коэффициентов формы K_1 и K_2 . Обобщённые значения математического ожидания и среднеквадратического отклонения геометрических параметров и коэффициентов формы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Обобщённые значения математического ожидания и среднеквадратического отклонения для трех форм клубней картофеля

Клубни картофеля округлой формы													
градусы	a		b		L		S		K1		K2		
	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	
0	64,78	0,85	59,98	0,96	194,94	0,63	2937,7	13,43	1,08	0,019	12,94	0,041	
45	63,62	1,60	60,76	0,55	195,04	0,25	2941,9	7,03	1,05	0,017	12,93	0,09	
90	60,46	0,25	65,65	0,19	195,09	0,39	2940,2	11,88	0,92	0,001	12,94	0,11	
135	59,69	0,36	60,94	1,29	194,65	0,38	2927,4	13,26	0,98	0,01	12,94	0,10	
Клубни картофеля овальной формы													

градусы	a		b		L		S		K1		K2	
	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ
0	80,36	0,34	64,91	0,13	231,07	0,35	4047,7	12,5	1,23	0,004	13,19	0,044
45	76,32	0,21	71,77	0,218	231,81	0,38	4122,5	10,9	1,06	0,004	13,03	0,03
90	64,62	0,39	82,78	0,13	237,69	1,00	4131,6	15,7	0,78	0,004	13,67	0,114
135	71,65	0,17	76,19	0,213	235,98	0,8	4097,7	13,77	0,94	0,003	13,58	0,067
Клубни картофеля удлиненно-овальной формы												
градусы	a		b		L		S		K1		K2	
	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ
0	103,34	0,33	75,74	0,52	282,25	0,95	5830,4	29,48	1,36	0,006	13,66	0,03
45	94,66	1,11	83,99	1,27	282,37	0,57	5793,9	35,2	1,13	0,028	13,76	0,1
90	73,37	1,45	103,22	0,51	280,22	1,79	5687,1	42,7	0,71	0,01	13,81	0,12
135	86,00	1,16	91,52	1,06	282,39	1,27	5682,7	41,6	0,94	0,021	14,04	0,11

Для оценки точности измерения геометрических параметров клубня картофеля с помощью оптико-электронного устройства воспользуемся наибольшей возможной статистической ошибкой. При технических измерениях наибольшей ошибкой средней арифметической многократных измерений является абсолютная величина, равная математическое ожидание (M) плюс-минус три величины среднеквадратического отклонения (3σ). Относительная величина наибольшей ошибки средней арифметической определяется как 6σ (плюс-минус 3σ), деленная на значение математического ожидания, выраженная в процентах - наибольшая возможная статистическая ошибка.

Из полученных данных следует, что значения длины и ширины клубня картофеля зависят от расположения объекта относительно вебкамеры. Для клубня округлой формы максимальное возможное отклонения значения длины может достигнуть 7,8%. Для ширины до 9,8%. Соответственно значение коэффициента формы K_1 изменяется в пределах от 0,92 до 1,08 или в процентах от 92% до 108% с точностью 14,9%. Значения периметра и площади практически не зависят от расположения объекта относительно вебкамеры. Наибольшая возможная статистическая ошибка определение периметра составляет 1,93%, площади – 2,74%. Соответственно значение коэффициента формы K_2 практически не зависит от расположение объекта относительно вебкамеры и изменяется в пределах от 12,81 до 13,06 с точностью 5,1%.

Для клубня овальной формы максимальное возможное отклонение значения длины клубня в зависимости от расположения клубня может достигнуть 19,6%. Ширина клубня изменяется в пределах от 64,9мм до 82,8мм, следовательно, максимальное возможное отклонения составляет 27,6%. Соответственно значение коэффициента формы K_1 изменяется в пределах от 0,78 до 1,23. Значения периметра и площади практически не зависят от расположения объекта относительно вебкамеры. Максимальное возможное отклонения значение для площади составляет всего 2%, с ошибкой определение 2,3%, а для периметра – 2,8%. Соответственно значение коэффициента формы K_2 не зависит от расположения объекта относительно вебкамеры и изменяется в пределах от 13,03 до 13,67 с точностью 5,0%.

Для клубня удлиненно-овальной формы максимальное возможное отклонение значения длины может достигнуть 29%. Для ширины до 36,2%. Соответственно, значение коэффициента формы K_1 изменяется в пределах от 0,71 до 1,36. Значения периметра и площади практически не зависят от расположения объекта относительно вебкамеры. Наибольшая возможная статистическая ошибка – определение периметра составляет 3,84%, площади – 4,5%. Соответственно, значение коэффициента формы K_2 изменяется в пределах от 13,66 до 14,04 с точностью 5,2%.

Полученные результаты экспериментальных лабораторных исследований показали, что ориентация объекта относительно вебкамеры оказывает существенное влияние на значение линейных размеров, а значения площади и периметра практически не зависит от ориентации объекта относительно вебкамеры. Следовательно, оценка размеров и формы клубней картофеля по критериям, основанным на определении площади и периметра, дают объективные количественные значения информативных признаков, что подтверждают теоретические расчеты.

ЛИТЕРАТУРА

1 Алиханов Д.М., Цонев Р.С., Шыныбай Ж.С. Обоснование информативных признаков сортирования семенного картофеля по морфологическим признакам, Научные труды Том 50, серия 3.1 Электротехника, электроника и автоматика, Болгария, Русе, 2011. С. 175-179.

2 Алиханов Д.М., Цонев Р.С., Шыныбай Ж.С. Методика и результаты определения параметров клубней картофеля с использованием оптико-электронных средств, Научные труды Том 50, серия 3.1 Электротехника, электроника и автоматика, Болгария, Русе, 2011. С. 180-185.

REFERENCES

1 Alikhanov D.M., Tsonev R.S., Shynybay Zh.S. Obosnovanie informativnykh priznakov sortirovaniya semennogo kartofelya po morfologicheskim priznakam, *Nauchnye trudy Tom 50, seriya 3.1 Elektrotehnika, elektronika i avtomatika*, Bulgaria, Ruse, **2011**. 175-179 (in Russ.)

2 Alikhanov D.M., Tsonev R.S., Shynybay Zh.S. Metodika i rezul'taty opredelenie parametrov klubney kartofelya s ispol'zovaniem optiko-elektronnykh sredstv, *Nauchnye trudy Tom 50, seriya 3.1 Elektrotehnika, elektronika i avtomatika*, Bulgaria, Ruse, **2011**. 180-185 (in Russ.)

Д. АЛИХАНОВ, Ж. ШЫНЫБАЙ

КАРТОП ТҮЙНЕКТЕРІНІҢ ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН ОПТИКАЛЫҚ-ЭЛЕКТРОНДЫ ҚҰРЫЛҒЫНЫҢ ӘДІСТЕМЕСІ МЕН ТӘЖІРИБЕЛІК ІЗДЕНІСТЕРДІҢ НӘТИЖЕЛЕРІ

Картоп түйнегінің ұзындығы мен енінің көрсеткіштері камерамен салыстырғанда нысанның орналасуына тәуелді болатынын, ал ауданы мен периметрінің көрсеткіштері іс жүзінде тәуелсіз болатынын картоп түйнектерінің геометриялық параметрлерін анықтауға арналған оптико-электронды құрылғының эксперименталды зерттеулері нәтижесі көрсетті.

Кілт сөздер: оптико-электронды құрылғы, вебкамера, LabVIEW, картоп түйнектері, түйнектік сараптама, геометриялық параметрлер, түйнек пішіні, пішін коэффициенті.

D. ALIKHANOV, ZH. SHYNYBAY

METHOD AND RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCHES OF OPTIKO-ELECTRONIC DEVICE FOR DETERMINATION OF GEOMETRICAL PARAMETERS OF POTATO TUBERS

The results of experimental researches of optical-electronic device showed for determination of geometrical parameters of potato tubers, that the values of length and width of potato tuber depended substantially, and values of area and perimeter practically not depended from the orientation of object in relation to a chamber.

Key words: optical-electronic device, webcam, LabVIEW, tubers of potato, tubers analysis, geometrical parameters, form of tuber, coefficient of form.

Алиханов Джахфер Музаферович кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Энергосбережение и автоматика», Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, проспект Абая – 8

Тел./факс: 8 (727) 264-53-78, 8 (777) 315-65-98

E-mail: alikhhanov.d@list.ru

Шыныбай Жандос Сапарғалиұлы докторант PhD, Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, проспект Абая – 8

Тел./факс: 8 (727) 264-53-78, 8 (777) 258-98-70

E-mail: jandos_76@mail.ru

Поступила 29.05.2013 г.