Секция 2

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, ПРИБОРЫ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В БИОЛОГИИ И СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

УДК 620.1.08:631.1:004.9

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-146-150

*Алейников А.Ф.^{1,2}, Шадрин С.М.²,**¹СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирская область, р.п. Краснообск,**²ФГБОУ ВПО НГТУ, г. Новосибирск*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПЛАТНОГО КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ФРЕЙМВОРКА LIVGDХ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОЩАДИ ЛИСТА РАСТЕНИЯ БЕЗ ЕГО ОТРЫВА ОТ СТЕБЛЯ

Описан портативный прибор для измерения важного признака растения – площади листа растения. Принцип действия прибора основан на цифровой обработке полученных изображений методом технического зрения. Разработаны алгоритм и программа для автоматизированного определения площади листьев. Язык программирования Java (с некоторыми компонентами, написанными на С и С++). Прибор автономен и выполнен на базе смартфона и гаджета к нему. Приведены результаты его исследовательских испытаний.

Ключевые слова: лист, растение, площадь, алгоритм, смартфон.

Введение. Живой организм – лист растения является основным органом, в котором осуществляется совокупность процессов фотосинтеза и образования органических веществ. Эти вещества служат структурным и энергетическим материалом для всего растения. Лист растения наиболее приспособлен к условиям окружающей среды.

Площадь листа является одним из наиболее важных признаков растения [1]. Ее часто используют при анализе форм роста [2]. Площадь является ключевым признаком [3], связанным с различиями в жизненных стратегиях растений. Она положительно коррелирует со скоростью фотосинтеза, концентрацией азота в листьях. По площади определяется относительная скорость роста и продолжительностью жизни листьев [1]. Важные экофизиологические характеристики растений, такие как темновое дыхание, фосфорная способность листьев, химический состав и эвапотранспирация, часто выражаются площадью листа [4].

Проблемная ситуация. Среди исследователей распространен метод измерения площади листа с помощью сканера, компьютера и цифровой обработки изображений. Но он использует сложное и порой дорогостоящее программное обеспечение [5]. Кроме того, метод инвазивен и используется только в стационарных лабораториях, где есть возможность подключения технических средств к стационарной электрической сети.

Несмотря на наличие высокоточных средств измерений на базе приложений к смартфонам, на удивление мало приложений было разработано в качестве инструментов для защиты окружающей среды и функциональной экологии растений [6].

Материалы и методы. Целью данного исследования является создание портативного прибора для измерения площади листа растения, без его отрыва от стебля, на базе бесплатных программных приложений к смартфону и специального гаджета к нему.

Для определения различных признаков растений распространены методы компьютерного зрения путем подсчета пикселей изображения в пространстве цветовых каналов красного, зеленого и синего цвета (R, G, B) [7].

Для реализации метода компьютерного зрения, построения графического интерфейса при измерении площади листьев растений предлагается использование и объединение разных модулей программного проекта LibGDX [8]. Этот проект имеет широкие функциональные возможности. В настоящее время он поддерживает Windows, Linux, Mac OS X, Android, iOS и HTML5 как целевые платформы. Платформа позволяет создавать и отрабатывать приложение на стационарном компьютере и эффективно использовать все инструменты Java, такие как программные приложения визуализации компьютерной графики, средства линейной алгебры и тригонометрии и др.

Для фиксации и распрямления листа растения изготовлен специальный держатель, в виде гаджета к смартфону (Золотарёв В.А., Фурзиков В.М.). Он состоит из двух плоских шарнирно связанных пластин размером, внутри которых размещается лист растений, без его отрыва от стебля (рисунок 1). Первая пластина выполнена из прозрачного антибликового материала, вторая – из пластической массы с белой поверхностью, служащей фоном для исследуемого листа растения. На второй пластине закреплен съемный поворотный шарнир, состоящий из фиксированного адаптера угла наклона, оканчивающего съемной штангой для установки и фиксирования подложки около растения, путем вдавливания ее в почву. Штанга выполнена из алюминиевого сплава и состоит из двух половин длиной 120 мм и диаметром 3 мм. Штанга легко собирается с помощью резьбового сочленения.

Рисунок 1. Внешний вид держателя для фиксации листа растения

Исследуемый лист растения помещался между пластинами держателя, которые расправляли лист и делали его плоским. При этом пластины фиксировались с помощью упругой защелки. С помощью поворотного шарнира устанавливался необходимый для съемки листа угол наклона. Угол наклона измерялся смартфоном с помощью установленного на него бесплатного приложения NixGame. Значение угла наклона запоминалось. При получении изображения листа растения смартфон устанавливался на штатив – Трипод 3120 с держателем под смартфон. Угол наклона смартфона устанавливался равным углу пластин держателя листа. В качестве объекта исследований использовались листья растений с изрезанным краем.

В качестве языка для разработки логической части прибора был использован язык программирования Java с некоторыми компонентами, написанными на C и C++ для повышения производительности определенного кода, применяемый в приложении программного проекта LibGDX. Операционная система – Android Studio 3.4.1.

Измерение площади листьев растений осуществлялось по следующему алгоритму (рисунок 2).

Цель предварительной обработки изображения состоит в гарантии следующего условия: извлечение информативных параметров не влияют на фон, размер и форму листа, интенсивность источника света и характеристики камеры. Предварительная обработка изображений также используется для выделения определенных функций и выявления деталей на изображении. При этом используются различные методы, такие как фильтрация изображений, изменение размера, сегментация, морфологические и другие операции [6]. Кроме того захваченные изображения могут содержать некоторый «шум». Удаление шума выполняется до анализа изображения с использованием фильтров верхних и нижних частот, медианных и линейных, и др. Изображение также может быть улучшено, чтобы различать объект и фон. После захвата изображение преобразуется в пространственное представление другого цвета, если это требуется для дальнейшего анализа. В некоторых случаях для выявления болезней на листьях растений необходимо маскирование и удаление пикселей.

Рисунок 2. Алгоритм измерения площади листьев растения

Маскирование – это установка значения пикселя в изображении на какое-либо другое фоновое значение или на ноль. На этом этапе необходимо идентифицировать сильно окрашенные пиксели. Маскирование выполняется на основе заданного порогового значения. Красному, зеленому и синему компоненту пикселя присваивается нулевое значение, если зеленый компонент интенсивности пикселей меньше предварительно рассчитанного порогового значения. Сегментация изображения – это разделение изображения на объект и область или фон.

На рисунке 3 приведены скриншоты, показывающие последовательность операций измерения площади листа растения. Для получения изображения выбирается цифровая камера смартфона с требуемым разрешением, которая используется для захвата изображений листа растения (рисунок 3 б). Выбор камеры осуществляется нажатием виртуальной кнопки «От-

туальная кнопка «Назад»). Переход на следующий этап установки минимальной единицы измерения площади осуществляется также с помощью виртуальной кнопки «Далее».

На фоновой пластине держателя листа растения в свободном месте заранее были помещены линии с единичной площадью (рисунок 3 д). Используя четыре виртуальные кнопки в виде плюса, перемещаем изображение в область расположения линий меры длины с выбранной единичной площадью. Далее масштабируем изображение линии меры, для более точного измерения длины приближая или отдаляя его виртуальными кнопками «Приблизить» или «Отдалить» (рисунок 3 е). Нажатием кнопки «Отметить» отмечаем начальную точку на изображении линии меры. Пользователю нужно отметить две такие точки, чтобы расстояние между ними было равно, например, 1 см. После того, как пользователь отметит вторую точку, приложение незамедлительно рассчитает расстояние между отмеченными маркером точками и возведет его в квадрат. Так определяется значение минимальной площади в пикселях. Затем происходит деление количества пикселей выделенной ранее площади листа на значение пикселей в единице измерения площади. Таким образом определяется результат измерения площади в см². В рассматриваемом случае эта площадь равна ~ 15,3 см² (рисунок 3 е). При необходимости вносится текстовое и символьное описание (рисунок 3 ж, з). Предусмотрено многократное изменение и корректировка описания.

Выводы. Разработан экспериментальный образец автономного портативного прибора для измерения площади листьев без их отрыва от стеблей растения. В основе его реализации использованы различные модули свободного программного проекта LibGDX, написанного на языке программирования Java с некоторыми компонентами, написанными на языках C и C++. Это позволило уменьшить цену прибора и сделать его доступным для потребителя. Проведенные исследовательские испытания подтвердили его надежность, повторяемость результатов измерения и высокую чувствительность к измеряемой величине. Благодаря простым функциям управления процедурой измерения прибор определения площади может свободно использоваться при мониторинге физиологических признаков растения, процесса фотосинтеза, в экологических исследованиях и в учебном процессе. Он может найти применение и в других областях научных исследований, где требуется автономно определять площадь плоских объектов с высокой точностью.

Предложенный измеритель площади листьев специально разработан для определения площади в сложных полевых условиях, где нет стационарного электрического питания. Он включает простые и понятные для потребителя функции для измерения площади. Благодаря конструкции держатель листа растения обладает высокой устойчивостью к нежелательным загрязнениям и теням при проведении процедуры измерения.

В дальнейшем предполагается провести необходимые работы по разработке методики метрологической поверки и самой поверки измерителя как средства измерений физических величин.

Использованные источники:

1. Pérez-Harguindeguy N. et al. New handbook for standardized measurement of plant functional traits worldwide // Australian Journal of Botany. 2013. – Vol. 61. – P. 167-123.
2. Evans J. R., Poorter H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: The relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain // Plant Cell and Environment. 2001. – Vol. 24. – pp. 755-767.
3. Wright I. J. et al. The worldwide leaf economics spectrum // Nature. 2004. – Vol. 428. – pp. 821-827.
4. Garnier E. et al. Towards a thesaurus of plant characteristics: An ecological contribution // Journal of Ecology. 2017. – Vol. 105. – pp. 298-309.
5. Lane N. D., Miluzzo E., Lu H., Peebles D., Choudhury T., Campbell A. T., College D. A survey of mobile phone sensing // IEEE Communications Magazine. 2010. – Vol. 48. – pp. 140-150.
6. Teacher A. G. F., Griffiths D. J., Hodgson D. J., Inger R. Smartphones in ecology and evolution: A guide for the app-rehensive // Ecology and Evolution. 2013. – Vol. 3. – pp. 5268-5278.
7. Gong A., Wu X., Qiu Z., He Y. A handheld device for leaf area measurement // Computers and Electronics in Agriculture. 2013. – Vol. 98. – pp. 74-80.
8. Aleynikov A.F., Toropov V.I. Automated diseases detection of plant diseases in space greenhouses // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. – Vol. 1155: 012070. DOI: 10.1088/1757-899X/1155/1/012070