

Оценка потенциальной опасности возникновения поллинозов телевизионным анализатором аэрозолей

В.В. Семенов, Ю.Б. Ханжонков, Ю.Г. Асцатуров

Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса

Целебные свойства растений известны с глубокой древности. Их успешно применяют для лечения многих заболеваний. Однако некоторым людям приходится избегать встречи с растениями. Это связано с аллергией, которая является повышенной чувствительностью организма к различным веществам (так называемым аллергенам), провоцирующим болезненную реакцию и в итоге приводящим к нарушению тех или иных функций организма. Аллергия может проявляться в различных формах, например, в виде насморка (ринита), воспаления слизистой оболочки глаз (конъюнктивита), высыпаний на коже и зуда, отека кожи и слизистых оболочек, головной боли, головокружения, болей в области груди, приступов удушья (бронхиальной астмы), повышенной температуры тела.

Такая реакция организма наблюдается при контакте с определенным растением и характеризуется быстрым развитием болезненных проявлений. Наиболее частой причиной заболевания является вдыхание пыльцы растения-аллергена. При тяжелой форме аллергии больного помещают в бокс (специализированную палату), куда подается профильтрованный воздух. В таких безаллергенных палатах поддерживается исключительная чистота.

Всплеск аллергических заболеваний отмечается в период цветения растений (с апреля по август), когда образуется много пыльцы, разносимой ветром на большие расстояния. Аллергические заболевания, вызванные пыльцой (поллинозы), наблюдаются лишь при цветении некоторых растений. Так, наиболее часто причиной поллинозов (ранее их называли сенной лихорадкой) становится пыльца луговых злаковых трав: тимофеевки, овсяницы, лисохвоста, мятлика и др.; культурных злаков — ржи, подсолнечника, кукурузы; сорняков — амброзии (наиболее сильный аллерген), полыни, лебеды и др.; деревьев — акации, березы, ольхи, орешника, сосны и др. (рис. 1).



Рис. 1. Пыльца различных растений. Вид под электронным микроскопом

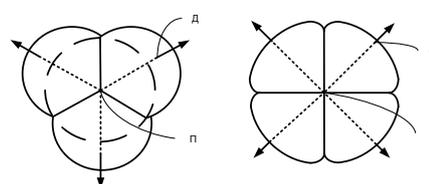


Рис. 2. Геометрические центры сложной пыльцы: Д- дистальный полюс, П- проксимальный полюс

Рассмотрим следующие признаки строения пыльцевых зерен [1]:

- 1) размеры пыльцевых зерен в микронах;
- 2) характер борозд на поверхности пыльцы, если они имеются;
- 3) детали строения внешней оболочки пыльцевого зерна — экзины;
- 4) характер пор на поверхности пыльцевого зерна, если они имеются;
- 5) детали строения внутренней оболочки пылинки: интины;
- 6) соотношение толщины: интина/экзина;
- 7) длина полярной оси.

Полярная ось представляет собой воображаемую линию, проходящую через тело пыльцевого зерна, от его наружной (дистальной) поверхности к внутренней (проксимальной). В случаях, если пыльца имеет сложное строение, т. е. состоит из 4 или 8 пыльцевых зерен геометрические оси каждого пыльцевого зерна сходятся в геометрическом центре данной сложной пыльцы (рис. 2).

По размерам пыльцевые зерна разделяются на классы, определяемые по максимальной длине полярной оси или экваториальному диаметру зерна. Различают очень мелкие (размеры менее 10 мкм), мелкие (10—25 мкм), средние (25—50 мкм), крупные (50—100 мкм), очень крупные (100—200 мкм) и гигантские (более 200 мкм) пыльцевые зерна. Пыльца растений, вызывающая поллинозы, имеет мелкие и средние размеры, например, пыльца полыни — 20—30 мкм, злаков — 20—50 мкм, можжевельника — 22—36 мкм, дуба — 20—30 мкм и т. д.

По отношению длины полярной оси к экваториальному диаметру различают сплюснутую, сфероидальную, продолговатую и другие формы пыльцевых зерен. В зависимости от числа и расположения борозд и пор (апертур) пыльцевые зерна могут быть поровыми, бороздными, рассеянно-поровыми, рассеянно-бороздными, зонально-поровыми, зонально-бороздными, бороздно-поровыми и т. д. По числу пор различают беспоровые одно-, двух-, трех- и т. д. и многопоровые; по числу борозд — одно-, двух-, трех и т. д. и многобороздные пыльцевые зерна. Эти параметры необходимо учитывать при реализации классификатора распознавания, позволяющего выявлять вид растительного аллергена.

Описанный ниже телевизионный анализатор проводит выявление наличия аллергенов, по вышеуказанным параметрам, характеризующим форму, основные размеры и цвет пыльцы растения.

На рис. 3 приведена схема, позволяющая получить в плоскости регистрации (на ПЗС видеокамеры) одновременно три изображения каждой частицы растительной пыльцы, соответствующие ее проекциям на три взаимно перпендикулярные плоскости [2].

Из рис. 3 видно, что в плоскости регистрации имеется три проекции частицы. При этом, поскольку частица смещена относительно осей OX , OY , на расстояния, превосходящие соответствующие размеры частиц, то все три изображения пространственно разнесены.

Функциональная схема разработанного анализатора, использующего описанную выше оптическую схему показана на рис. 4.

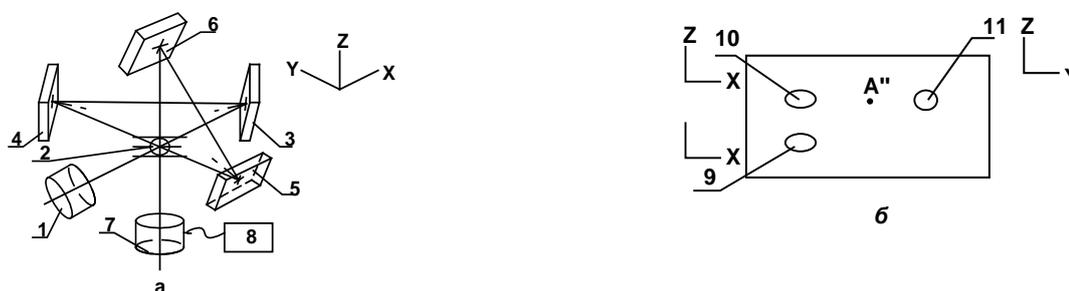


Рис. 3. Формирование проекций частицы на три взаимно перпендикулярные плоскости: а-общая схема; б- вид плоскости регистрации: 1- осветитель; 2- поток частиц; 3, 4, 5, 6- зеркала; 7- видеокамера; 8 - блок обработки; 9- третье изображение частицы; 10-отображение первого изображения; 11- отображение второго изображения

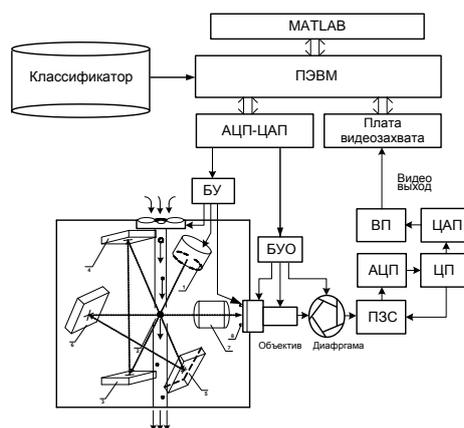


Рис. 4. Функциональная схема разработанного телевизионного анализатора: 1- лазерный осветитель; 2- поток частиц; 3, 4, 5, 6- зеркала; 7- микролинза; 8- линейка светодиодных осветителей; БУ- блок управления вентилятором и лазерным излучателем; БУО- блок управления объективом (моторами фокусировки, трансфокатора и диафрагмы) видеокамеры; ПЗС- видео-сенсор (прибор с зарядовой связью); АЦП – аналогово-цифровой преобразователь; ЦП- центральный процессор; ЦАП- цифро-аналоговый преобразователь; ВП- видеопроцессор

Динамический ввод аэрозолей в область контроля осуществляется прокачной кюветой с шириной канала 1,5 мм и вакуумным насосом. Скорость прокачки подбирается программно ПЭВМ так, чтобы в каждый кадр видео сигнала попадало не более 1 частицы (50 частиц в секунду). Сформированный программой LabView сигнал управления поступает с ПЭВМ и плату ввода вывода (АЦП-ЦАП) для управления скоростью прокачки (вакуумным насосом), фокусировкой объектива видеокамеры телевизионного анализатора и излучателями 1, 8 (рис. 4). При этом для анализа пылицы формируются два кадра - один получается излучателем 1 и формирует информацию о форме и основных размерах частиц пылицы тремя изображениями в разных проекциях, второй излучателем 8 (рис. 4) для формирования одного изображения о цвете частицы пылицы. Так же данная схема содержит классификатор - базу данных формы и размеров частиц, а так же цветовых параметров растительной пылицы.

Следует отметить, что в предлагаемом анализаторе нижний предел измерений по размерам (определяемый разрешающей способностью формирующей оптики) составляет примерно 1 мкм.

Внешний вид прототипа телевизионного анализатора аэрозолей показан на рис. 5 [3].

Рассмотрим процесс функционирования системы телевизионного анализа изображений. Наблюдаемые частицы могут иметь самые различные формы [4]: сплюсненную, сфероидальную, продолговатую и др. Если все три размера совпадают это сфероидальная частица, если нет – значит, частица другого типа.

Для различных размеров и форм частиц будет зависеть применяемые методы и алгоритмы цифровой обработки и их параметры.

Для начала нужно определить форму частицы. Далее каждый из классов разделим еще на две группы, распределив по размерам менее и более 30 мкм. От данных параметров зависит какие методы улучшения изображения используются в алгоритме распознавания.

В общем случае проводятся следующие операции распознавания (рис. 6) [4]: считывание и отображение изображений; сглаживание; улучшение изображений: пространственная (линейная) фильтрация, например, использование медианного фильтра для удаления шума на изображении; бинаризация изображений, пороговое разделение, выделение краев; морфологический анализ; количественный анализ; вычисление данных, характеризующих форму, размер и цвет частиц пылицы, сброс информации на диск.

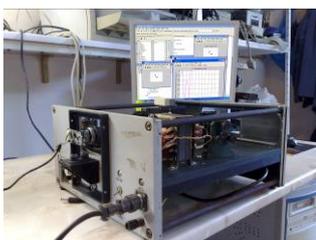


Рис. 5. Внешний вид прототипа телевизионного анализатора аэрозолей

Обзор существующего программного обеспечения показал, что наиболее перспективными программными продуктами для телевизионного анализа изображений являются программы MATLAB и NI Vision Builder.

Рассмотрим пример обработки изображения пыльцы амброзии, так как наибольшее распространение и наиболее высокую аллергенную активность имеет именно этот вид. На рисунке 6, а показано изображение пыльцы амброзии в трех проекциях, полученные вышеописанным телевизионным анализатором аэрозолей.

На рис. 7 приведен результат работы программы MATLAB по вышеприведенному (рис. 6) процессу работы.

Алгоритм обработки изображений позволяет определять и выводить в базу данных основные параметры, характеризующие цвет форму и размеры частиц, среди которых: площадь; центр масс; ширина и длина описанного прямоугольника; наибольшая длина сегмента; периметр частицы; сумма пикселов в частице; квадрат суммы пикселов в частице; момент инерции; средняя хорда; длина наибольшего сегмента; ориентация частицы; меньшая и меньшая ось эллипса; отношение большей оси эллипса к меньшей; фактор удлинения; фактор уплотнения; отношение периметра частицы к периметру описанной окружности; отношение площади частицы к ее периметру; диаметр описанной окружности; диагональ эквивалентного прямоугольника в пользовательских единицах и др., по которым вместе с информацией о цветовых составляющих частицы пыльцы (R, G, B) формируется уникальный классификатор распознавания, принадлежащий лишь к частицам пыльцы растения.

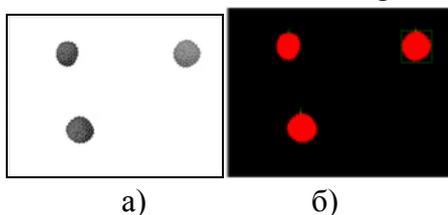


Рис. 7. Изображения частиц пыльцы амброзии до (а) и после (б) цифровой обработки изображения

В нашем случае для амброзии полыннолистной будем учитывать следующие классификационные признаки: пыльцевые зерна трохборзднопоровые; полярную ось (19,4—21,1 мкм), экваториальный диаметр (20—22,4 мкм); борозды короткие, неглубокие (длина 10,2 мкм, ширина 1,9 мкм); диаметр поры (2,2 мкм).

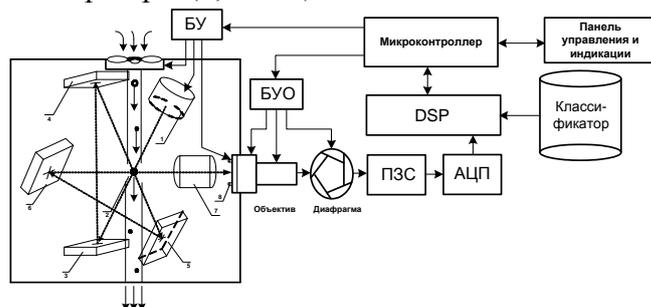


Рис.8. Телевизионный анализатор пыльцы растений на базе DSP- процессора

В настоящее время авторами работы проводится усовершенствование алгоритмов обработки анализатора и его отладка на базе DSP- процессора типа TMS320C6711 рис. 8, что позволит в дальнейшем разрабатывать переносные телевизионные анализаторы.

Таким образом, описанная в работе методика позволит в дальнейшем разрабатывать доступные не только медицинским учреждениям, но и рядовому потребителю переносные телевизионные анализаторы, способные выявлять наличие в воздухе растительных аллергенов, и соответственно определять вероятность возникновения такого заболевания как поллиноз.

Библиографический список

1. Адо, А.Д. Общая аллергология. Изд. 2-е, переработанное и дополненное / А. Д. АДО. М.: Медицина, 1978, - 464 с.
2. Пат. 2436067 Российская Федерация, МПК⁶ G01N 15/02. Способ анализа взвешенных частиц [Текст] / Семенов В.В., Постоловский Н.Н., Ханжонков Ю.Б., Асцатуров Ю.Г. ; заявитель и патентообладатель Южно-Рос. гос. ун-т экономики и сервиса. - № 2010143384/28; заявл. 22.10.2010; опубл. 10.12.2011, Бюл. № 34.
3. Семенов, В.В. Телевизионный анализатор аэрозолей// Высокие технологии, исследования, промышленность. Т.2: сборник трудов Девятой международной научно- практической конференции «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности». 22-23.04.2010, Санкт-Петербург, Россия/ под ред. А.П. Кудинова.- СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010.- С. 260-261.
4. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.