



УДК 631.31

Н.Н. Барышева, С.П. Пронин  
N.N. Barysheva, S.P. Pronin

## ВЫБОР АЛГОРИТМА ФИЛЬТРАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВСХОЖЕСТИ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ ПО МЕМБРАННЫМ ПОТЕНЦИАЛАМ

### THE CHOICE OF EXPERIMENTAL DATA FILTERING ALGORITHM TO MONITOR WHEAT SEED GERMINATION BY MEMBRANE POTENTIALS

**Ключевые слова:** фильтрация, алгоритм, обработка данных, сглаживание данных, метод медианной фильтрации, скользящее среднее, экспериментальные данные, мембранный потенциал, всхожесть семян пшеницы, контроль.

Достоверная оценка всхожести семян пшеницы в сжатые сроки представляет собой актуальную задачу. Эту задачу можно решить путем использования способа, основанного на измерении мембранного потенциала семян пшеницы. Экспериментально установлено и теоретически подтверждено, что мембранный потенциал существенно отличается для семян с низкой и высокой всхожестью, и может быть использован в качестве параметра оценки качества посевного материала. Однако в процессе измерений мембранного потенциала у зерен пшеницы наблюдаются случайные выбросы, шумы и отклонения. Установлено, что на изменение мембранного потенциала влияют различные факторы, а именно температура, концентрация внешних растворов при подготовке семян к измерению, конструктивные особенности прибора с электродами и т.д. Исключив воздействие таких факторов, как температура (за счет автоматизации, поддерживающей заданную температуру), наличие внешних концентраций ионов (за счет применения дистиллированной воды), остается один из существенных факторов – конструктивные особенности прибора и электродов, которые вызывают случайный шум. Поэтому в процессе измерения важным этапом является обработка полученных данных. Известно, что существуют линейные и нелинейные алгоритмы фильтрации сигналов. В результате исследования проведен сравнительный анализ двух алгоритмов фильтрации экспериментальных данных. Поскольку аномальные выбросы отсутствуют согласно критерию Ирвина, для сглаживания случайных выбросов, шумов и отклонений выбран метод скользящей средней. Этот метод позволяет оценить закономерность зависимости, сглаживая колебания. Экспериментально установлено, что метод скользя-

щей средней наиболее эффективен с использованием интервала сглаживания в 200 значений.

**Keywords:** filtering, algorithm, data processing, data smoothing, median filtering method, moving average, experimental data, membrane potential, wheat seed germination, control.

Reliable evaluation of wheat seed germination of in a short time frame is an urgent task. This problem may be solved by using a method based on measuring the membrane potential of wheat seeds. It has been experimentally found and theoretically confirmed that the membrane potential is significantly different for seeds with low and high germination, and may be used as a parameter for seed quality evaluation. However, in the process of measuring the membrane potential, there are random emissions, noise and deviations in wheat seeds. It has been found that the change of membrane potential is influenced by various factors, namely temperature, concentration of external solutions in the preparation of seeds for measurement, design features of the device with electrodes, etc. Excluding the influence of factors such as a temperature (by automated maintenance of predetermined temperature), a presence of external concentrations of ions (through the use of distilled water), remains one of the significant factors – the design features of the device and the electrodes which cause random noise. Therefore, an important step in the measurement process is the processing of the received data. It is known that there are linear and non-linear algorithms for filtering signals. As a result of the study, a comparative analysis of two experimental data filtering algorithms was performed. Since there are no anomalous emissions according to Irwin's criterion, the moving average method was used to smooth out random emissions, noise and deviations. The moving average method allows estimating the dependence regularity. It has been experimentally found that the moving average method is most effective when using a smoothing interval of 200 values.

**Барышева Надежда Николаевна**, к.т.н., доцент каф. «Информационные системы в экономике», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. E-mail: mnn-t@mail.ru.

**Пронин Сергей Петрович**, д.т.н., проф., зав. каф. информационных технологий, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. E-mail: sppronin@mail.ru.

**Barysheva Nadezhda Nikolayevna**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Information Systems in Economy, Altai State Technical University named after I.I. Polzunov. E-mail: mnn-t@mail.ru.

**Pronin Sergey Petrovich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Head, Chair of Information Technologies, Altai State Technical University named after I.I. Polzunov. E-mail: sppronin@mail.ru.

### Введение

Достоверная оценка всхожести семян пшеницы в сжатые сроки представляет собой актуальную задачу. Эту задачу можно решить путем использования способа, основанного на измерении мембранного потенциала семян пшеницы [1]. Экспериментально установлено и теоретически подтверждено, что мембранный потенциал существенно отличается для семян с низкой и высокой всхожестью, и может быть использован в качестве параметра оценки качества посевного материала [2-4, 10]. Однако в процессе измерений мембранного потенциала у зерен пшеницы наблюдаются случайные выбросы, шумы и отклонения. Установлено, что на изменение мембранного потенциала влияют различные факторы, а именно температура, концентрация внешних растворов при подготовке семян к измерению, конструктивные особенности прибора с электродами и т.д. Исключив воздействие таких факторов, как температура (за счет автоматизации, поддерживающей заданную температуру), наличие внешних концентраций ионов (за счет применения дистиллированной воды), остается один из существенных факторов – конструктивные особенности прибора и электродов, которые вызывают случайный шум. Поэтому в процессе измерения важным этапом является обработка полученных данных [5-7].

Основная задача обработки и анализа данных – выявление явной тенденции поведения мембранных потенциалов у зерен пшеницы разной всхожести. Чтобы избавиться от случайной составляющей, часто применяют сглаживание рядов экспериментальных данных [8]. Однако при сглаживании данных важно не потерять существенные изменения исследуемого параметра, которые отражают важные моменты в поведении системы [9].

Известно, что существуют линейные и нелинейные алгоритмы фильтрации сигналов. Все линейные алгоритмы фильтрации приводят к сглаживанию резких перепадов. Примером линейной фильтрации может служить метод скользящей

средней. Однако если наблюдаются импульсные помехи, так называемые аномальные выбросы, то рекомендуется применять нелинейный алгоритм фильтрации. Применение линейной фильтрации в этом случае неэффективно. Удачным решением нелинейного фильтра является медианный фильтр.

**Цель** исследования состоит в выборе алгоритма фильтрации экспериментальных данных, полученных при измерении мембранного потенциала у зерен пшеницы, для исключения помех.

**Задачи** исследования:

- 1) выбрать алгоритм фильтрации экспериментальных данных,
- 2) дать оценку эффективности применения выбранного метода,
- 3) определить оптимальный размер окна фильтрации данных.

### Объекты и методы

В качестве объекта исследования выбраны сигналы мембранного потенциала семян пшеницы сорта «Алтайский янтарь» со всхожестью 90%, предоставленных Алтайским отделением Россельхозцентра г. Барнаула.

В качестве алгоритма нелинейной фильтрации рассматривается метод медианной фильтрации, линейной – метод скользящего среднего.

Экспериментальное исследование представляет собой подготовку семян к исследованию (проращивание в течение 12 ч при температуре 20°C в термокамере) [2, 10], измерение сигналов мембранного потенциала с помощью специальных стальных электродов, обработку данных. Для экспериментального исследования мембранных потенциалов были разработаны специальные электроды – электрод-держатель с плоскими пластинами для плотного контакта с зерновкой и измерительный электрод. Процесс измерения заключается в следующем. Каждая зерновка помещается в электрод-держатель, затем второй тонкий электрод прислоняется к оболочке зерна, не протыкая ее, регистрируется сигнал с помощью специальной программы.

### Результаты и их обсуждение

Статистический анализ экспериментальных данных является необходимой составной частью современных исследований [6].

Алгоритм медианной фильтрации применяется в случае появления аномальных выбросов. Для выявления возможных аномальных отклонений используются методы, рассчитанные для статистических совокупностей [11]. Одним из них является критерий Ирвина [12].

Алгоритм анализа экспериментальных данных по критерию Ирвина предполагает расчет значений  $\lambda_i$  по формуле:

$$\lambda_i = \frac{|y_i - y_{i-1}|}{\sigma}, \quad (1)$$

где  $y_i, y_{i-1}$  – значения в вариационном ряду соседних экспериментальных данных;

$\sigma$  – СКО, вычисляемое по математическим формулам:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}; \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i. \quad (2)$$

Если  $\lambda_i$  превышает критическое значение  $\lambda_{кр}$ , то в выборке присутствуют аномальные выбросы, поэтому для таких данных целесообразно применить медианный фильтр. В противном случае целесообразно использовать обработку скользящего среднего.

На рисунке 1а представлен график изменений мембранного потенциала во времени для семян сорта «Алтайский янтарь» со всхожестью 90%. Поскольку зерна пшеницы не протыкаются в процессе измерения, сигнал практически не изменяется во времени, потенциал действия отсутству-

ет. Весь диапазон от 1 до 2740 отсчетов был разбит на три поддиапазона. Первый поддиапазон включал отсчеты от 101 до 600 (500 данных), второй поддиапазон – от 761 до 1760 (1000 данных), третий – от 1731 до 2730 (1000 данных). Такая разбивка, во-первых, логически следует из полученных графиков. По своему уровню сигналы в отмеченных поддиапазонах отличаются. Во-вторых, в таблицах критических значений приведены критерии Ирвина для  $\lambda_{кр}$  при количестве 500 и 1000 значений. Они равны, соответственно,  $\lambda_{кр} = 0,87$  и  $\lambda_{кр} = 0,83$ .

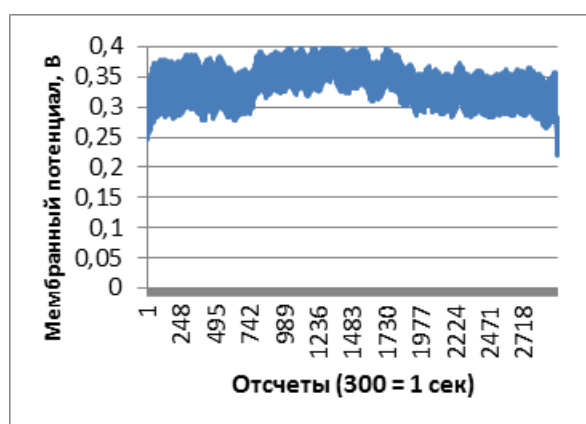
Анализ данных по изменению мембранного потенциала показал, что аномальных выбросов нет. Следовательно, метод медианной фильтрации в данном случае применять не целесообразно.

Для анализа данных был использован метод скользящего среднего. Этот метод заключается в том, что сглаженное значение вычисляется как среднее арифметическое по нескольким данным. Количество отсчетов, участвующих в расчете среднего значения, называют окном скользящего среднего.

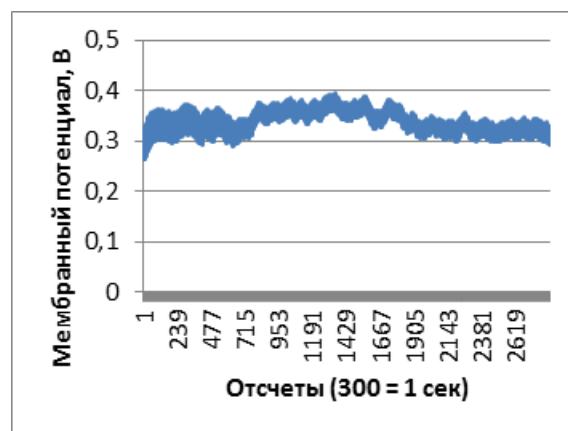
На рисунке 1б представлены результаты обработки измеренных значений окном в 20 отсчетов.

На рисунке 2б представлены результаты обработки измеренных значений окном в 50 отсчетов.

На рисунке 3 для сравнения приведены результаты обработки данных окном в 50 отсчетов и окном в 200 отсчетов.

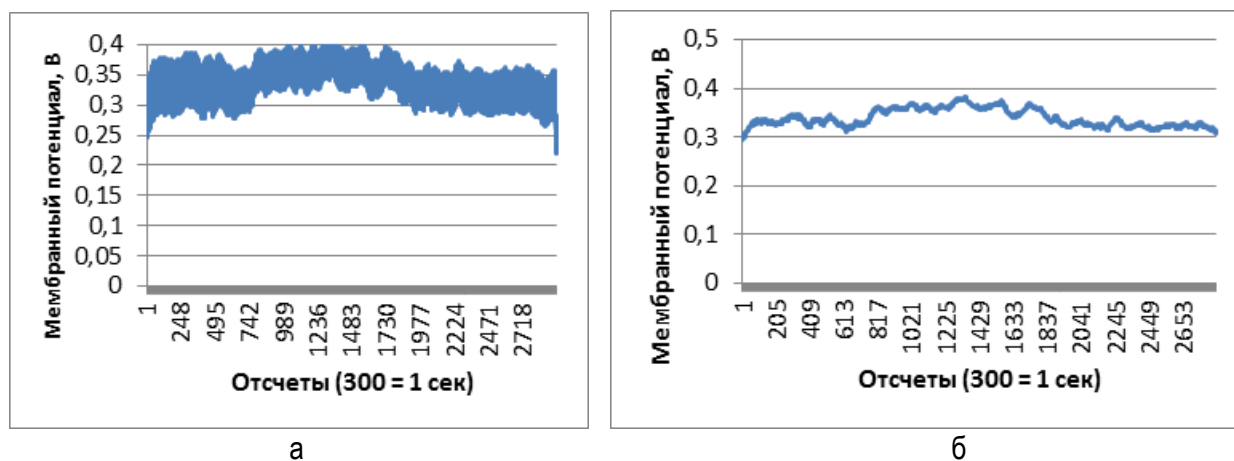


а

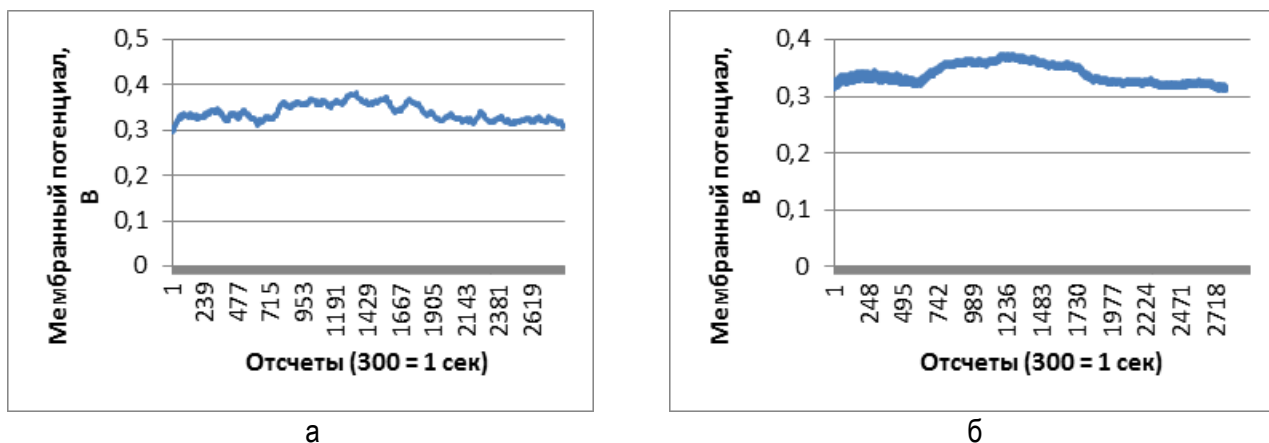


б

**Рис. 1. Результаты измерений мембранного потенциала для семян сорта «Алтайский янтарь» со всхожестью 90%:  
а – исходный сигнал; б – сглаженный сигнал окном в 20 отсчетов**



**Рис. 2. Результаты измерений мембранного потенциала для семян сорта «Алтайский янтарь» со всхожестью 90%:**  
**а – исходный сигнал; б – сглаженный сигнал с окном в 50 отсчетов**



**Рис. 3. Результаты измерений мембранного потенциала для семян сорта «Алтайский янтарь» со всхожестью 90%:**  
**а – сглаженный сигнал с окном в 50 отсчетов; б – сглаженный сигнал с окном в 200 отсчетов**

### Заключение

Поскольку у нас отсутствует идеальный сигнал от зерна пшеницы, невозможно определить оптимальное значение окна фильтра. Однако можно воспользоваться методом экспертной оценки. В роли эксперта выступает сам экспериментатор. Весь диапазон значений представляет потенциал действия, а начальное значение – потенциал покоя. При фильтрации данных окном в 20 отсчетов визуально первая точка оказывается весьма неопределенной. При фильтрации данных окном в 50 отсчетов первая точка определяет уровень сигнала в 0,3 В. При фильтрации данных окном в 200 отсчетов сигнал, во-первых, возрастает до уровня 0,33, и, во-вторых, неопределенность явно увеличивается. Следовательно, появляется си-

стематическая погрешность и, как показали расчеты измененных данных, увеличивается дисперсия на 30%.

Таким образом, оптимальным окном, с точки зрения эксперта, следует признать окно в 50 отсчетов.

### Библиографический список

1. Мерченко Н.Н., Пронин С.П., Зрюмова А.Г. Разработка метода контроля всхожести зерен пшеницы по мембранному потенциалу // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 10 (108). – С. 103-106.
2. Барышева Н.Н., Пронин С.П. Мембранный потенциал зерен пшеницы под действием электрического тока как показатель всхожести // Вест-



ник Красноярского государственного аграрного университета. – 2018. – № 3 (138). – С. 68-71.

3. Барышева Н.Н., Пронин С.П. Обзор результатов исследования биоэлектрических сигналов в растениях // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 9. – С. 233-236.

4. Барышева Н.Н., Пронин С.П. Результаты теоретических и экспериментальных исследований изменения мембранного потенциала зерен пшеницы разной всхожести // Дальневосточный аграрный вестник. – 2018. – № 2 (46). – С. 141-145.

5. Орлов А.И. Основные идеи статистики интервальных данных // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 94 (10). – С. 1-27.

6. Афанасьев В.Н. Развитие системы методов статистического исследования временных рядов. Статистика и экономическое измерение // Вестник НГУЭУ. – 2012. – С. 10-24.

7. Лагутин М.Б. Наглядная математическая статистика. – 2-е изд. – М., 2009. – 472 с.

8. Hannan E.J., Kavalieris L. (1984). A Method for Autoregressive-Moving Average Estimation. *Biometrika*. Vol. 71 (2): 273-280.

9. Альтшулер С.В. Методы оценки параметров процессов авторегрессии-скользящего среднего // Автомат. и телемех. – 1982. – № 8. – С. 5-18.

10. Барышева Н.Н., Пронин С.П. Метод контроля мембранного потенциала семян пшеницы и его применение для оценки всхожести // Ползуновский вестник. – 2015. – № 2. – С. 69-73.

11. Садовникова Н.А., Шмойлова Р.А. Анализ временных рядов и прогнозирование: учебное пособие / Моск. гос. ун-т экономики, статистики и информатики. – М., 2004. – Вып. 2. – 184 с.

12. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.

A.G. Zryumova // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – No. 10 (108). – S. 103-106.

2. Barysheva N.N., Pronin S.P. Membrannyy potentsial zeren pshenitsy pod deystviem elektricheskogo toka kak pokazatel vskhozhesti // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – No. 3 (138). – S. 68-71.

3. Barysheva N.N., Pronin S.P. Obzor rezultatov issledovaniya bioelektricheskikh signalov v rasteniyakh // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. – 2018. – No. 9. – S. 233-236.

4. Barysheva N.N., Pronin S.P. Rezultaty teoreticheskikh i eksperimentalnykh issledovaniy izmeneniya membrannogo potentsiala zeren pshenitsy raznoy vskhozhesti // Dalnevostochnyy agrarnyy vestnik. – 2018. – No. 2 (46). – S. 141-145.

5. Orlov A.I. Osnovnye idei statistiki intervalnykh dannykh // Nauchnyy zhurnal KubGAU. – 2013. – No. 94 (10). – S. 1-27.

6. Afanasev V.N. Razvitie sistemy metodov statisticheskogo issledovaniya vremennykh ryadov. – Statistika i ekonomicheskoe izmerenie // Vestnik NGUEU. – 2012. – S. 10-24.

7. Lagutin M.B. Naglyadnaya matematicheskaya statistika. 2-e izd. – M.: 2009. – 472 s.

8. Hannan E.J., Kavalieris L. (1984). A Method for Autoregressive-Moving Average Estimation. *Biometrika*. Vol. 71 (2): 273-280.

9. Altshuler S.V. Metody otsenki parametrov protsessov avtoregressii-skolzyashchego srednego // Avtomat. i telemekh. – 1982. – No. 8. – S. 5-18.

10. Barysheva N.N., Pronin S.P. Metod kontrolya membrannogo potentsiala semyan pshenitsy i ego primeneniye dlya otsenki vskhozhesti // Polzunovskiy vestnik. – 2015. – No. 2. – S. 69-73.

11. Sadovnikova N.A., Shmoylova R.A. Analiz vremennykh ryadov i prognozirovaniye: ucheb. posobie. Vyp. 2 / Mosk. gos. un-t ekonomiki, statistiki i informatiki. – M., 2004. – 184 s.

12. Kobzar A.I. Prikladnaya matematicheskaya statistika. – M.: Fizmatlit, 2006. – 816 s.

### References

1. Merchenko N.N. Razrabotka metoda kontrolya vskhozhesti zeren pshenitsy po membrannomu potentsialu / N.N. Merchenko, S.P. Pronin,

