

# ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.559.2:58.084.1

Д.Д. Барышев, В.И. Беляев  
D.D. Baryshev, V.I. Belyayev

## КЛАССИФИКАЦИЯ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИХ ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ

### CLASSIFICATION OF WHEAT SEEDS FOR EVALUATING THE QUALITY OF THEIR FRACTIONATION

**Ключевые слова:** экспериментальное исследование, электрофизические свойства, семена пшеницы, аэродинамические свойства, классификация.

Производство высококачественного зерна с высокими урожайными свойствами является актуальной задачей для сельскохозяйственных предприятий. Существует огромное множество способов повышения качества семенного материала и урожайного потенциала семян. Разделение семян на фракции представляет собой один из альтернативных методов повышения урожайности. Наиболее популярным способом разделения семян на фракции является использование аэродинамических сепараторов, которые позволяют разделять семена по их биологической ценности, отделяя щуплые и слабые зерна из посевного материала. Однако важно учитывать тот факт, что может произойти нечеткое разделение семян на фракции, что подтверждают исследования авторов. Представлены результаты разработки системы классификации семян для оценки качества их разделения на фракции. Разработка системы классификации подразумевает формирование обучающей и тестовой выборки и сам процесс классификации методами машинного обучения. Для разработки системы выбран метод деревьев решений. Установлено, что классифицировать семена по попаданию во фракции можно с точностью 96% методом деревьев решений. В работе также представлены результаты исследований лабораторной всхожести семян пшеницы, разделенных на фракции, которые показали, что вторая и третья фракции (9 и 10 м/с) обладают максимальными значениями всхожести, что подтверждают исследования других авторов, и говорит

о необходимости разделения семян на фракции с целью повышения посевного качества.

**Keywords:** experimental research, electrophysical properties, wheat seeds, aerodynamic properties, classification.

The production of high-quality wheat seeds with high yield properties is an urgent task for agricultural enterprises. There are many ways to improve the quality of seed material and the yield potential of seeds. Separation of seeds into fractions is one of the alternative methods to increase productivity. The most popular way of separating seeds into fractions is the use of aerodynamic separators which allows separating the seeds according to their biological value, separating feeble and weak kernels. However, it is important to take into account the fact that overlapping separation of seeds into fractions may occur and this is confirmed by the studies of the authors. This paper presents the results of developing a system for classifying seeds to assess the quality of their separation into fractions. The development of a classification system involves the formation of a training and test samples and the classification process itself using machine learning methods. To develop the system, the decision tree method was chosen. It has been found that it is possible to classify seeds by getting into fractions with an accuracy of 96% by the decision tree method. The paper also presents the results of studies of laboratory germination of wheat seeds divided into fractions which showed that the second and third fraction (9 and 10 m s) have the maximum germination values which is confirmed by studies of other authors, and suggests the need for separation of seeds into fractions in order to improve the sowing quality.

**Барышев Денис Дмитриевич**, ст. преп. каф. «Информационные системы в экономике», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. E-mail: denis.baryshev@bk.ru.

**Беляев Владимир Иванович**, д.т.н., проф., зав. каф. «Сельскохозяйственная техника и технологии», Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: prof-Belyaev@yandex.ru.

**Baryshev Denis Dmitriyevich**, Asst. Prof., Chair of Information Systems in Economy, Altai State Technical University named after I.I. Polzunov. E-mail: denis.baryshev@bk.ru.

**Belyaev Vladimir Ivanovich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Head, Chair of Agricultural Machinery and Technologies, Altai State Agricultural University. E-mail: prof-belyaev@yandex.ru.

### Введение

Производство высококачественного зерна с высокими урожайными свойствами является актуальной задачей для сельскохозяйственных предприятий. Существует огромное множество способов повышения качества семенного материала и урожайного потенциала семян. Разделение семян на фракции представляет собой один из альтернативных методов повышения урожайности. Разделение семян на фракции – сортирование, в процессе которого происходит разделение семян на однородные по своему составу части [1, 2].

При этом исследования показали, что разделение семян на фракции позволяет получить посевной материал высокого качества [1]. Семена, как правило, делятся на фракции по их размеру, весу или по удельной плотности.

В результате обзора литературы было установлено, что при разделении семян по размеру и весу наиболее крупные и тяжелые семена не являются гарантом высоких показателей посевного качества и урожайных свойств. Установлено, что крупные по размеру семена могут обладать рыхлым строением, наличием полостей внутри, что отрицательно сказывается на их качестве [2].

Удельная плотность представляет собой ценный признак биологического здоровья семян, поскольку значение удельной плотности объясняет содержание питательных веществ, отвечающих за посевное качество. Так, удельная плотность используется при исследовании морфологии зародыша семян. Установлено, что зерна со средней части колоса имеют наибольший удельный вес и представляют выполненные семена, удельная плотность при этом зависит от места формирования зерна в колосе.

Наиболее популярным способом разделения семян на фракции является использование аэродинамических сепараторов, которые позволяют разделять семена по их биологической ценности, отделяя щуплые и слабые зерна из посевного материала.

Однако важно учитывать тот факт, что может произойти нечеткое разделение семян на фракции, что подтверждают исследования авторов [2].

Следовательно, контроль качества разделения на фракции представляет актуальную проблему.

Поэтому **целью работы** является разработка системы классификации семян для оценки качества их сортирования.

Достижение поставленной цели возможно при выполнении следующих **задач**:

- 1) разделить семена пшеницы на фракции по аэродинамическим свойствам;
- 2) провести экспериментальное исследование электрофизических свойств семян пшеницы, разделенных на фракции по аэродинамическим свойствам;
- 3) выполнить анализ электрофизических свойств, сформировать обучающую и тестовую выборку для классификации семян;
- 4) разработать систему классификации для оценки качества разделения на фракции.

### Объекты и методы

Объект исследования – семена пшеницы сорта Гранни партии 2019 г. Лабораторная всхожесть перед посевом – 92%. Урожайность в 2019 г. – 22 ц/га.

Методы и средства:

1. Метод отбора проб ГОСТ 12036-85 [7].
2. Лабораторный парусный классификатор К-93 – средство для разделения семян пшеницы на фракции.
3. Метод исследования электрофизических свойств, который включает подготовку, измерение и обработку данных [3].
4. Экспериментальная установка измерения электрофизических свойств, которая включает плату ЛА-50 USB и электроды из нержавеющей стали [3].
5. Метод оценки лабораторной всхожести ГОСТ 12038-84 [8].

6. Метод классификации – дерево решений, один из популярных методов машинного обучения для задач классификации.

7. Методы статистической обработки данных.

**Результаты и их обсуждение**

В результате фракционирования семян пшеницы сорта Гранни было получено четыре фракции с аэродинамическими свойствами 8, 9, 10 и 11 м/с.

Перед проведением исследования электрофизических свойств была определена лабораторная всхожесть семян каждой фракции. Для исследования всхожести использовалось по 100 семян каждой фракции согласно методике, описанной в ГОСТ-12038-84.

В среднем неразделенные семена на фракции показали лабораторную всхожесть 93%.

В таблице 1 представлены результаты исследования лабораторной всхожести семян, разделенных на фракции.

Подобные результаты были описаны в следующих работах [1, 2, 4-6]. При этом авторами установлено, что семена второй и третьей фракций дают максимальную лабораторную всхожесть, объясняют это местом формирования семян в колосе. Максимальную лабораторную всхожесть дают семена из средней части [2].

Полученные результаты исследования подтверждают необходимость разделения семян на фракции с целью определения посевного материала высокого качества.

В результате экспериментального исследования электрофизических свойств семян методом контроля мембранного потенциала, представленного в работе [3], и результатов предыдущих исследований были установлены информативные признаки.

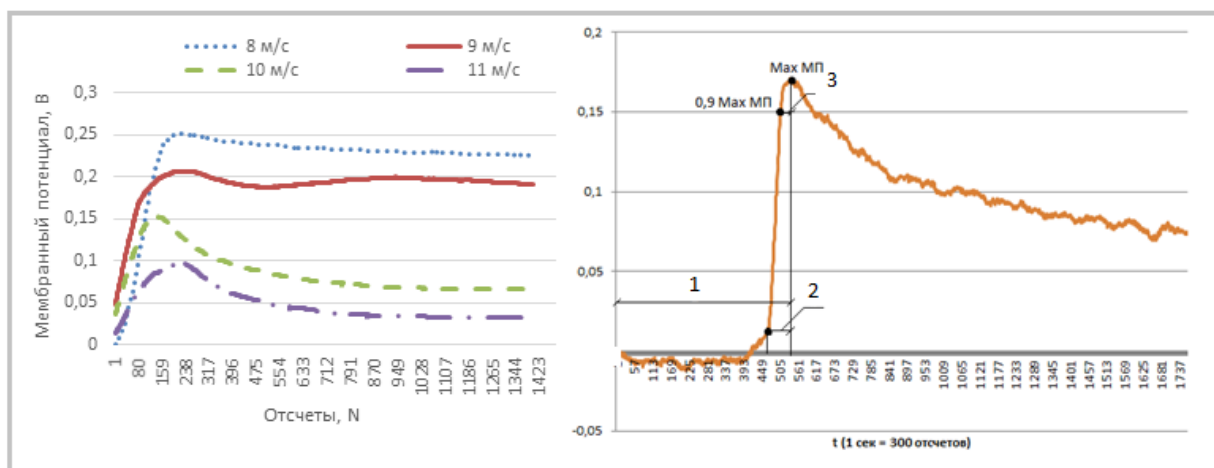
Таким образом, в качестве информативных точек принято использовать следующие электрофизические свойства – время нарастания сигнала до максимума, время нарастания сигнала на прямолинейном участке, 10% время нарастания до максимального значения и максимальное значение сигнала (MaxMP).

Всего выбрано по 100 примеров для формирования выборки из каждой фракции. Общая выборка разделена на две группы: обучающую и тестовую в размере 70 на 30%. Пример фрагмента обучающей выборки представлен на рисунке 2, где MaxMP – максимальное значение; T – 10% – 10% время нарастания сигнала; T-MaxMP – время нарастания до максимального значения; T-Line – время нарастания на прямолинейном участке; Y – целевая функция (аэродинамические свойства).

Таблица 1

**Результаты исследования лабораторной всхожести семян пшеницы**

Номер фракции	Фракция № 1 (8 м/с)	Фракция № 2 (9 м/с)	Фракция № 3 (10 м/с)	Фракция № 4 (11 м/с)
Лабораторная всхожесть	90%	95%	91%	89%



**Рис. 1. Графики сигналов при исследовании электрофизических свойств семян пшеницы, информативные точки (признаки): 1 – время нарастания сигнала до максимума, 2 – время нарастания сигнала на прямолинейном участке, 4-10% время нарастания, максимум (MaxMP)**

Out[4]:

	MaxMP	T-10%	T-MaxMP	T-Line	Y
0	254	36	231.0	132.0	8
1	250	42	233.0	132.0	8
2	255	41	234.0	133.0	8
3	258	40	233.0	132.0	8
4	259	40	232.0	135.0	8

Рис. 2. Фрагмент обучающей выборки для решения разработки системы классификации

Из тестовой выборки заведомо значения целевой функции удаляются для проверки качества классификации.

Значения целевой функции – это скорости витания в сепараторе (8, 9, 10 и 11 м/с).

В качестве метода классификации выбран алгоритм машинного обучения дерева решений. Данный метод обладает рядом преимуществ – широкий ассортимент инструментальных средств реализации данного метода, легко интерпретируемы результаты и высокая точность классификации.

Так, классификация семян методом деревьев решений показала результаты с точностью в 96%.

На рисунке 3 представлена матрица неточностей для оценки качества классификации, строки показывают реальные данные, а по столбцам – результаты классификации, по диагонали отмечается качество попадания классификатора в цель.

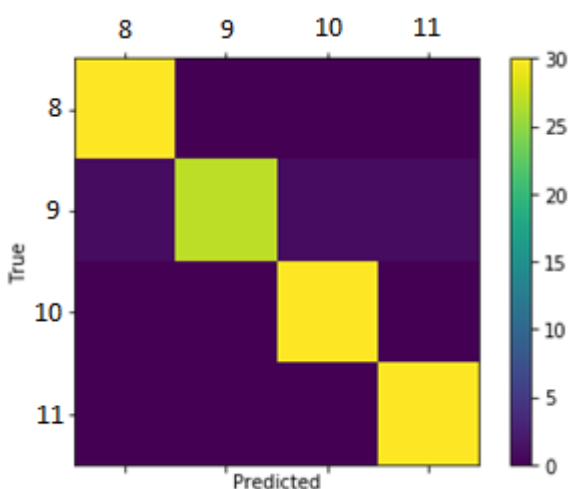


Рис. 3. Матрица неточностей для проверки качества классификации

Матрица неточностей подтверждает высокое качество работы классификатора. Светлая зона – 100%-ные правильные ответы системы, затемненная – ошибки классификации.

Для апробации использования на практике системы классификации был проведен дополнительный эксперимент.

Применение разработанной системы классификации для новых экспериментальных данных позволило установить процентное соотношение принадлежности семян к фракции, а именно установлено, что из 100 семян 95% семян относятся к фракции 8 м/с.

### Вывод

Результаты исследований лабораторной всхожести семян пшеницы, разделенных на фракции, показали, что вторая и третья фракции обладают максимальными значениями всхожести, что подтверждают исследования других авторов. Это говорит о необходимости разделения семян на фракции с целью повышения посевного качества.

Для оценки качества сортирования семян пшеницы представлена система классификации на основе метода машинного обучения – дерева решений.

В работе представлены результаты формирования обучающей и тестовой выборки, результаты классификации. Установлено, что классифицировать семена по попаданию во фракции можно с точностью 96% методом деревьев решений.

Таким образом, система классификации позволяет определить процентное соотношение принадлежности семян пшеницы к той или иной фракции.

**Библиографический список**

1. Куценко, Ю. Н. Обоснование структуры электрооборудования и системы автоматизированного управления установки сепарации зерновых культур / Ю. Н. Куценко. – Текст: непосредственный // Вестник аграрной науки Дона. – 2014. – № 2 (26). С. 15-19.
2. Поздняков, В. М. Сортирование семян по биологической ценности / В. М. Поздняков, С. А. Зеленко. – Текст: непосредственный // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – Т. 3. – С. 135-140.
3. Экспресс-оценка качества семян пшеницы после очистительной линии / Н. Н. Барышева, С. П. Пронин, В. И. Беляев, Д. Д. Барышев. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 10 (180). – С. 128-134.
4. Сорокин, Н. Н. Получение высококачественных семян и товарного зерна при послеуборочной обработке / Н. Н. Сорокин. – Текст: непосредственный // Инновационные технологии и технические средства для АПК. – Воронеж: ФГБОУ ВПО ВГАУ, 2011. – Ч. IV. – С. 122-124.
5. Новое оборудование для переработки зерновых культур в пищевые продукты / В. А. Самойлов, А. И. Ярум, В. Н. Невзоров [и др.]. – Красноярск, 2017. – 197 с. – Текст: непосредственный.
6. Сорокин, Н. Н. Разработка методики и приборного блока для экспресс-контроля качества семян и товарного зерна / Н. Н. Сорокин. – Текст: непосредственный // Инновационные разработки молодых ученых Воронежской области на службу региона: сборник докладов. – Воронеж: Воронежский ЦНТИ, 2012. – С. 28-29.
7. ГОСТ 12036-85. Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб. – Переизд. с изм. № 2 взамен ГОСТ 12036-66; введ. 01.07.86 до 01.07.96 // Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения качества. Ч. 2. – Москва: Стандартинформ, 2011. – Текст: непосредственный.
8. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхоже-

сти: дата введения 1986-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2011. – 11 с. – Текст: непосредственный.

**References**

1. Kutsenko, Yu.N. Obosnovanie struktury elektrooborudovaniya i sistemy avtomatizirovannogo upravleniya ustanovki separatsii zernovykh kultur // Vestnik agrarnoy nauki Dona. – 2014. – No. (26). – S. 15 - 19.
2. Pozdnyakov V.M., Zelenko S.A. Sortirovanie semyan po biologicheskoy tsennosti // Vestnik Nizhegorodskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. – 2013. – T. 3. – S. 135-140.
3. Barysheva N.N., Pronin S.P., Belyaev V.I., Baryshev D.D. Ekspress-otsenka kachestva semyan pshenitsy posle ochistitelnoy linii // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – No. 10 (180). – S. 128-134.
4. Sorokin, N.N. Poluchenie vysokokachestvennykh semyan i tovarnogo zerna pri posleuborochnoy obrabotke / N.N. Sorokin // Innovatsionnye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva dlya APK. – Ch. IV. – Voronezh: FGBOU VPOVGAU, 2011. – S. 122-124.
5. Samoylov, V.A. Novoe oborudovanie dlya pererabotki zernovykh kultur v pishchevye produkty / V.A. Samoylov, A.I. Yarum, V.N. Nevzorov i dr. – Krasnoyarsk, 2017. – 197 s.
6. Sorokin, N.N. Razrabotka metodiki i pribornogo bloka dlya ekspress-kontrolya kachestva semyan i tovarnogo zerna. Innovatsionnye razrabotki molodykh uchenykh Voronezhskoy oblasti na sluzhbu regiona. Sbornik dokladov. – Voronezh: Voronezhskiy TsNTI, 2012. – S. 28-29.
7. GOST 12036-85. Semena selskokhozyaystvennykh kultur. Pravila priemki i metody otbora prob. – Pereizd. s izm. No. 2 vzamen GOST 12036-66; vved. 01.07.86 do 01.07.96 // Semena selskokhozyaystvennykh kultur. Metody opredeleniya kachestva. Ch. 2. – Moskva, Standartinform, 2011.
8. GOST 12038-84. Semena selskokhozyaystvennykh kultur. Metody opredeleniya vskhozhesti, vved. 1986.07.01. – Moskva: Standartinform, 2011. – 11 s.

