

## Определение приоритетных направлений внедрения цифровых технологий на предприятиях растениеводства на основе нечетких экспертных оценок (на материалах Кемеровской области)

А. О. Рада<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

✉E-mail: radaartem@mail.ru

**Аннотация.** Цель. В статье решается задача определения приоритетов внедрения цифровых технологий на предприятиях растениеводства в условиях финансовых, кадровых, ресурсных ограничений. Одновременное внедрение всего спектра цифровых технологий является маловероятным. Поэтому необходимо выделить наиболее эффективные технологии, способствующие повышению эффективности предприятий растениеводства. **Методология и методы.** Поскольку цифровизация сельского хозяйства в России находится на начальном этапе, наиболее рациональным методом является использование нечетких экспертных оценок, которые выражаются лингвистическими переменными. В исследовании сформирована экспертная группа и выполнено ранжирование приоритетов внедрения цифровых технологий. Все цифровые технологии растениеводства рассматривались по трем классификационным группам: цель применения, используемая техника, локализация (на отдельном предприятии или в регионе). **Результаты.** В результате экспертных оценок и их обработки методами нечетких множеств выявлены приоритеты внедрения цифровых технологий на предприятиях растениеводства Кемеровской области. По степени локализации наиболее эффективными являются распределенные среди многих сельскохозяйственных предприятий, затем – распределенные на одном предприятии. Среди используемой техники наиболее высокие оценки получили: системы удаленного учета и контроля, технологии коллективного использования ресурсов общего пула, технологии автономного (беспилотного) вождения наземной техники, геоинформационные технологии, беспилотные летательные аппараты. С точки зрения цели применения цифровых технологий наиболее высокую оценку получили информатизация, мониторинг и программирование урожая, построение цифровой модели для работы агронома. **Научная новизна.** В результате проведенных исследований выделены конкретные приоритеты внедрения цифровых технологий в отрасли растениеводства Кемеровской области. Определены цифровые технологии, внедрение которых требует государственной поддержки. Перспективы дальнейших исследований связаны с определением организационно-управленческих условий продуктивного внедрения конкретных технологий, обоснованием их экономической эффективности в условиях предприятий растениеводства различных типов.

**Ключевые слова:** цифровые технологии, растениеводство, экспертные оценки, лингвистическая переменная, геоинформационные системы, беспилотные летательные аппараты, точное земледелие, автономное вождение, эффективность сельскохозяйственного предприятия, программирование урожайности, коллективное пользование.

**Для цитирования:** Рада А. О. Определение приоритетных направлений внедрения цифровых технологий на предприятиях растениеводства на основе нечетких экспертных оценок (на материалах Кемеровской области) // Аграрный вестник Урала. 2019. № 12 (191). С. 89–98. DOI: ...

**Дата поступления статьи:** 02.10.2019.

### Постановка проблемы (Introduction)

Одним из основных векторов развития экономики России в целом и агропромышленного комплекса в частности является внедрение цифровых технологий [1, с. 2; 2, с. 156; 3, с. 331; 4, с. 39]. В сельском хозяйстве они позволяют решить задачу получения максимального эффекта от каждой единицы ресурсов (машино-часа работы техники, килограмма внесенных удобрений) за счет наиболее рационального, «точечного» применения на основе большого объема информации о протекающих в почвах, растениях сложных процессах.

Поэтому в результате применения цифровых технологий достигается рост урожайности при значительном снижении затрат и экологического ущерба вследствие селективного применения удобрений, техники вместо масшированного [5, с. 14; 6, с. 13; 7, с. 101; 8, с. 25].

При этом применение цифровых технологий в сельском хозяйстве России пока носит ограниченный характер, развивается путем проб и ошибок, что требует дальнейшего развития экономических и организационных аспектов внедрения данных инноваций в растениеводство.

Один из наиболее важных вопросов – это определение приоритетов внедрения цифровых технологий, учитывая их многообразие. Спектр техники, программных продуктов, технологических решений крайне широк [9, с. 59; 10, с. 1020; 11, с. 39; 12, с. 15; 13, с. 370; 14, с. 569; 15, с. 320]. Он требует систематизации, упорядочивания, определения приоритетов использования. Практически ни в одном регионе или сельскохозяйственном предприятии невозможна одномоментная реализация цифровых решений по всему спектру решаемых задач.

Поэтому актуальной научной и прикладной задачей является определение наиболее эффективных цифровых технологий, способных дать максимальный результат в самом начале цифровизации сельскохозяйственных предприятий. В данной статье рассматриваются приоритеты внедрения цифровых технологий на материалах предприятий растениеводства Кемеровской области.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Определение основных направлений внедрения цифровых технологий точного земледелия предполагает:

- установление ключевых целей и задач использования цифровых технологий точного земледелия (какие результаты должны быть получены в первую очередь?);
- выбор наиболее продуктивной и важной для агропромышленного комплекса (АПК) региона техники (во что нужно в первую очередь вкладывать средства?);
- определение наиболее рациональных организационных схем и механизмов организации внедрения цифровых технологий.

Поскольку внедрение цифровых технологий в сельском хозяйстве находится на начальном этапе своего развития, с экономической точки зрения они достаточно слабо изучены, основная часть информации не формализована, существует в основном «в голове» у специалистов, работающих в данной области, целесообразно прибегнуть к методу экспертных оценок. Задача по определению основных направлений внедрения цифровых технологий точного земледелия, таким образом, сводится к экспертному ранжированию существующих вариантов.

Ранжирование вариантов использования цифровых технологий по приоритетности применения является классом задач оптимизации в условиях неопределенности. При недостатке формализованных количественных данных для их решения привлекается не традиционный математический аппарат (теория вероятностей, теория оптимального программирования), а нечеткие экспертные оценки на «естественном языке», обрабатываемые методами теории нечетких множеств и лингвистической переменной [16, с. 27].

Основное преимущество нечетких множеств заключается в возможности обрабатывать неколичественные экспертные суждения на естественном языке типа «очень эффективно», «малоэффективно», «неприемлемо». Тем самым появляется возможность получить обобщенную оценку приоритетности, эффективности той или иной цифровой технологии точного земледелия в ряду других. Эта оценка будет задаваться функцией принадлежности элемента (т. е. конкретной технологии) к нечеткому множеству эффективных, приоритетных направлений внедрения.

Нечеткое множество  $A$  для произвольного элемента  $X$  задается функцией принадлежности  $\mu_A: X \rightarrow [0; 1]$ . Величина  $\mu_A(X)$  принадлежит интервалу  $[0; 1]$  и фиксирует меру принадлежности элемента  $X$  к множеству  $A$ . Если для обычного четкого множества мера принадлежности любого элемента к нему составляет либо 0 либо 1 (т. е. элемент может или только принадлежать, или только не принадлежать), то в случае с нечетким множеством оценивается вероятность принадлежности, например, 0,3, 0,5 или 0,8. Это в большей степени соответствует задачам экспертной оценки в слабо формализованных ситуациях при недостатке информации [16, с. 29].

Нечеткое множество может быть записано как совокупность упорядоченных пар, включающих элементы  $X$  и соответствующие им функции принадлежности  $\mu_A(x)$ . Примером записи нечеткого множества может быть  $A = \{(x_1, 0,1), (x_2, 0,5), (x_3, 0,4)\}$ . Для работы с нечеткими множествами, обработки данных и получения обобщенных оценок используются нечеткие числа трапециевидного вида ( $\Pi$ -образные),  $S$ -образные (сплайны) и т. д.

Они служат математическим выражением экспертных суждений на формализованном математическом языке. В частности, треугольные функции принадлежности могут быть заданы выражением (1):

$$\mu_A(x; a, b, c) = \left\{ \begin{array}{ll} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{array} \right\}, \quad (1)$$

где  $a, b, c$  – некоторые величины действительных чисел, упорядоченные соотношением  $a \leq b \leq c$  [17, с. 34].

$S$ -образная функция принадлежности (сплайн-функция) задается выражением вида (2):

$$f_{s1}(x; a, b) = \left\{ \begin{array}{ll} 0, & x < a \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos\left(\frac{x-b}{b-a} \delta\right), & a \leq x \leq b \\ 1, & x > b \end{array} \right\}. \quad (2)$$

Экспертные оценки, выраженные на естественном языке, позволяют построить данные функции принадлежности. Для этого каждый эксперт выбирает лингвистическую переменную – оценку эффективности применения технологии. Терм-множество  $A(X)$  лингвистических переменных (лингвистическая шкала) записывается выражением типа  $A(X) = \{\text{очень высокий, высокий, довольно высокий, относительно высокий, выше среднего, средний, относительно низкий, довольно низкий, низкий, очень низкий, практически отсутствует}\}$ .

Таким образом, применение нечетких множеств позволяет формализовать и обобщить нечеткую словесную информацию, более полно и точно агрегировать неформализованные мнения экспертов, перейти от ряда словесных оценок к количественному ранжированию эффективности и приоритетности цифровых технологий.

**Результаты (Results)**

При формировании экспертной группы было подобрано 13 экспертов на основании того, что при численности 12–13 человек уже достигается точность результатов свыше 80 % [18, с. 466]. Дальнейшее наращивание численности экспертов не дает существенного повышения точности оценок и приводит к снижению среднего уровня компетентности в силу узости круга специалистов, занятых проблематикой цифровых технологий в АПК региона. По области профессиональной деятельности эксперты распределились следующим образом:

- руководители и специалисты сельскохозяйственных предприятий – 5 чел.;
- руководители и специалисты специализированных организаций, выполняющих работы и оказывающих услуги в сфере цифровых технологий, – 3 чел.;
- государственные и муниципальные служащие, связанные с вопросами развития АПК, – 3 чел.;
- научно-педагогические сотрудники вузов, научных организаций – 2 чел.

По каждой из классификаций цифровых технологий точного земледелия, применимых в растениеводстве, эксперты оценивали по лингвистической шкале эффективность применения в Кемеровской области. Лингвистическая шкала имеет следующий вид:  $A(X) = \{\text{«низкая эффективность»}, \text{«умеренная эффективность»}, \text{«средняя эффективность»}, \text{«высокая эффективность»}, \text{«очень высокая эффективность»}\}$ . Результаты экспертной оценки отражались в следующей форме (таблица 1).

Например, при оценке эффективности такого класса технологий, как автономные (классификация по степени локализации) были получены следующие результаты экспертного опроса (таблица 2). Они показывают, что эффективность автономных технологий оценивается экспертами достаточно низко. Для этого есть явные содержательные соображения – автономная техника, не интегрированная в единый контур управления, имеет весьма ограниченные результаты своего использования. На основании полученных данных строится график сплайн-функции, по форме которого оценивается принадлежность технологии к высокоэффективным.

Графики сплайн-функций, отражающие итоговые суждения экспертов об эффективности цифровых технологий точного земледелия по трем классификациям (цель применения, используемая техника, локализация) показаны на рис. 1, 2, 3.

В частности, рис. 1 отражает эффективность использования цифровых технологий точного земледелия, отличающихся по степени детализации. На диаграмме представлены монотонно возрастающие сплайн-функции, которые показывают кумулятивное значение меры принадлежности в точке перехода (на рис. 1, 2, 3 соответствует отметке «среднее»).

Таблица 1

**Форма для обработки результатов экспертной оценки**

Лингвистическая характеристика (нечеткая оценка) технологии	Низкая эффективность	Умеренная эффективность	Средняя эффективность	Высокая эффективность	Очень высокая эффективность
Число ответов экспертов в интервале, единицы					
Доля ответов в интервале, долей единицы					
Накопленное число ответов, единиц					
Накопленная доля ответов, долей единицы					

Table 1

**Form for processing the results of expert evaluation**

Linguistic characteristics (fuzzy assessment) of technology	Low efficiency	Moderate efficiency	Medium efficiency	High efficiency	Very high efficiency
The number of expert answers in the interval, units					
The share of answers in the interval, unit fraction					
Accumulated number of responses, units					
Accumulated share of responses, unit fraction					

Таблица 2

Пример экспертной оценки эффективности технологии (автономные технологии точного земледелия)

Лингвистическая характеристика (нечеткая оценка) технологии	Низкая эффективность	Умеренная эффективность	Средняя эффективность	Высокая эффективность	Очень высокая эффективность
Число ответов экспертов в интервале, единицы	5	3	3	2	0
Доля ответов в интервале, долей единицы	0,38	0,23	0,23	0,15	0,00
Накопленное число ответов, единиц	5	8	11	13	13
Накопленная доля ответов, долей единицы	0,38	0,61	0,84	1,00	1,00

Table 2

An example of expert assessment of the effectiveness of technology (autonomous technology of precision farming)

Linguistic characteristics (fuzzy assessment) of technology	Low efficiency	Moderate efficiency	Medium efficiency	High efficiency	Very high efficiency
The number of expert answers in the interval, units	5	3	3	2	0
The share of answers in the interval, unit fraction	0.38	0.23	0.23	0.15	0.00
Accumulated number of responses, units	5	8	11	13	13
Accumulated share of responses, unit fraction	0.38	0.61	0.84	1.00	1.00

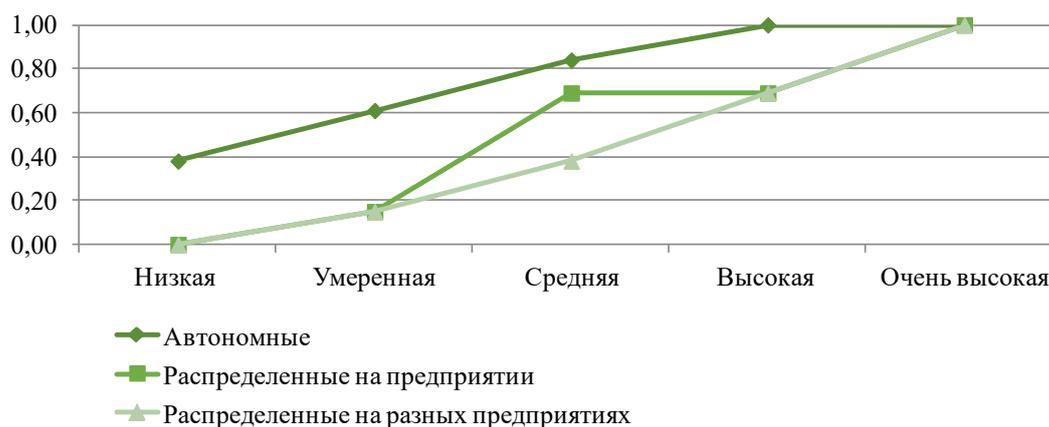


Рис. 1. Результаты экспертной оценки эффективности цифровых технологий точного земледелия по классификации «Место локализации»

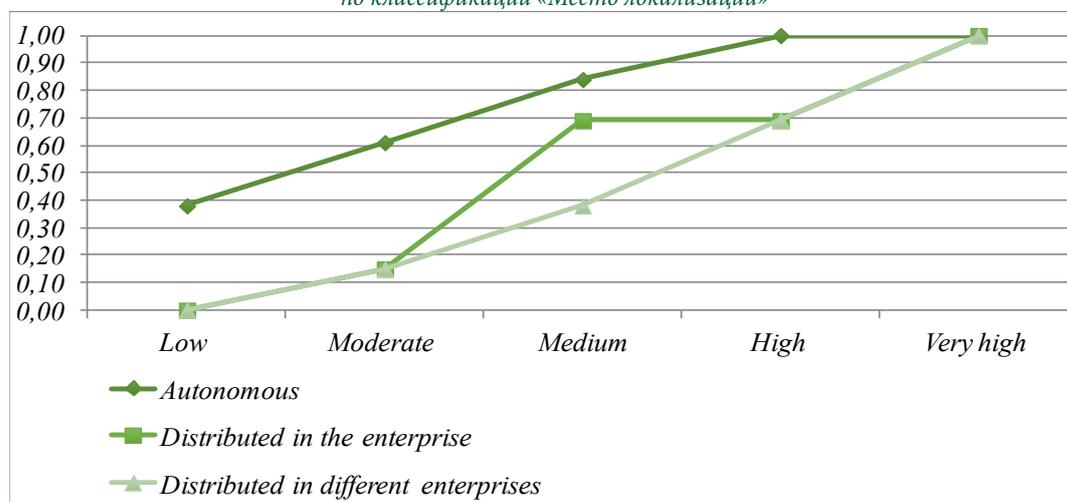


Fig. 1. The results of expert evaluation of the effectiveness of digital technologies of precision farming according to the classification "Localization place"

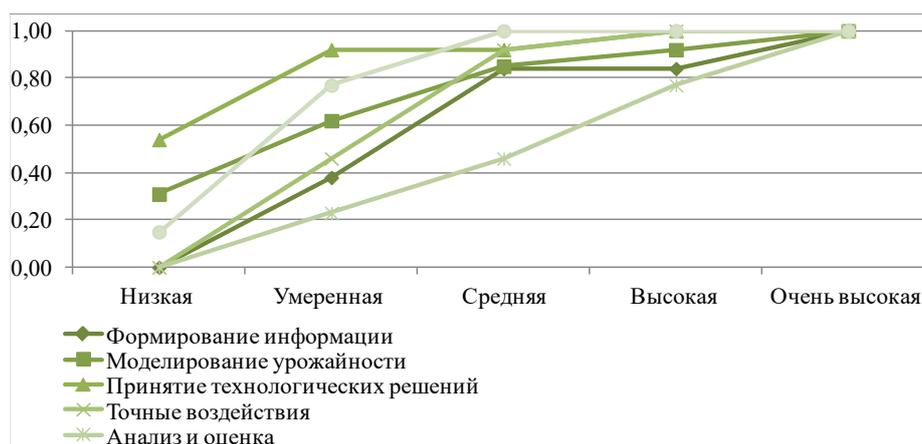


Рис. 2. Результаты экспертной оценки эффективности цифровых технологий точного земледелия по классификации «Цель применения»

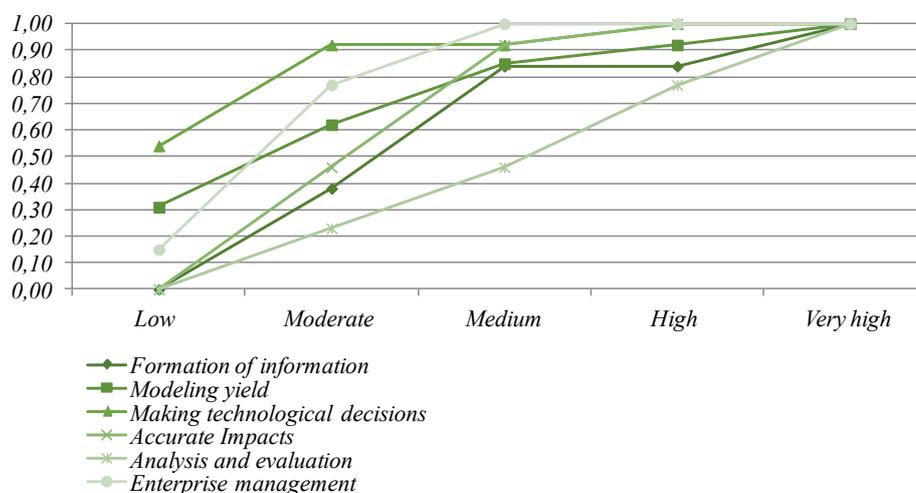


Fig. 2. The results of expert evaluation of the effectiveness of digital farming technology according to the classification "Purpose of use"

Чем выше значение функции в точке перехода на середине горизонтальной оси, тем в меньшей степени рассматриваемая технология относится экспертами к разряду высокоэффективных. Так, на рис. 2 видно, что автономные цифровые технологии в 84 % ответов оценены с эффективностью «средняя» и ниже. Напротив, по распределенным цифровым технологиям такая оценка дана лишь в 38 % случаев, следовательно, более 60 %, по мнению экспертов, вероятность того, что эффективность этих технологий является высокой и очень высокой.

Следовательно, ранжирование технологий по итогам экспертной оценки будет следующим: наиболее эффективными считаются распределенные среди многих сельскохозяйственных предприятий, затем – распределенные на одном предприятии, наименее эффективные – автономные.

Вместе с тем не все технологии точного земледелия, естественно, могут применяться на принципах коллективного пользования. Поэтому к основным направлениям (приоритетам) внедрения цифровых технологий на основе экспертной оценки можно отнести распределенные на одном предприятии и между разными предприятиями.

Далее рассмотрим ранжирование технологий точного земледелия по цели применения (рис. 2). Из приведенных данных видно, что по значению меры принадлежности в точке перехода рассматриваемые технологии ранжируются экспертами следующим образом.

1. Технологии анализа, оценки и обратной связи.
2. Технологии формирования информации.
3. Технологии моделирования, программирования урожайности.
- 4–5. Технологии принятия решений и осуществления точных агротехнологических воздействий.
6. Технологии управления сельскохозяйственным предприятием.

Ранжирование технологий точного земледелия по цели использования, даже экспертное, имеет условный характер, поскольку наибольшая эффективность достигается при системном охвате цифровизацией всех сфер деятельности СХТП. Однако представленные оценки позволяют утверждать, что приоритетами цифровизации растениеводства Кемеровской области изначально должны стать информатизация, мониторинг и программирование урожая, т. е. построение цифровой модели для работы агронома.

Решения при этом пока могут приниматься «вручную», а использование техники для точных (точечных) воздействий может носить локализованный характер. Поэтому наибольший интерес результаты экспертной оценки в разрезе целей применения имеют при «наложении» на результаты ранжирования используемых устройств, техники (см. рис. 3).

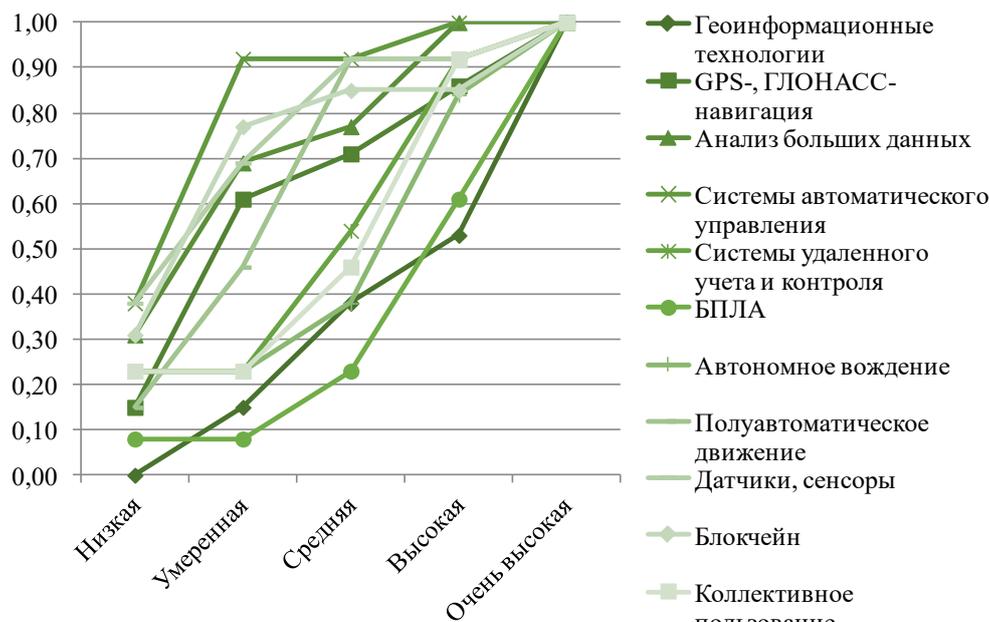


Рис. 3. Результаты экспертной оценки эффективности цифровых технологий точного земледелия по классификации «Используемые устройства и техника»

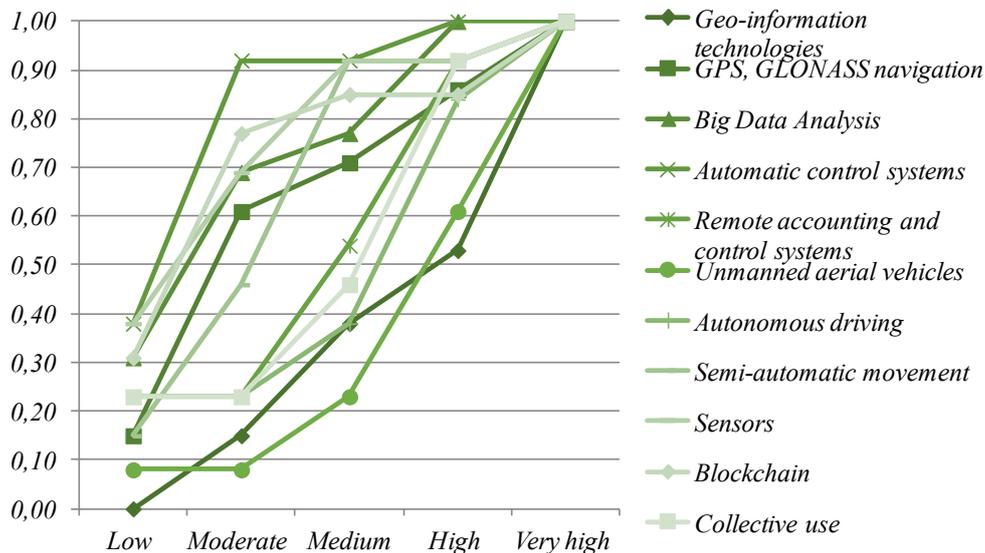


Fig. 3. The results of expert evaluation of the effectiveness of digital technologies of precision farming according to the classification "Used devices and equipment"

Следует отметить, что при проведении экспертной оценки из рассмотрения были исключены отдельные периферийные и слабо знакомые специалистам-аграрникам цифровые технологии (например, виртуальная и дополненная реальность как средство точного земледелия). Их корректная оценка из-за практической неизвестности экспертам вряд ли возможна. По результатам экспертной оценки, как видно из приведенной диаграммы, цифровые технологии точного земледелия довольно четко дифференцированы на две группы.

1. Технологии с высокой эффективностью в условиях Кемеровской области в настоящее время (около 50 % и более суждений экспертов относят их к группе с высокой и очень высокой эффективностью): системы удаленного учета и контроля, технологии коллективного использования ресурсов общего пула, технологии автономного (беспилотного) вождения наземной техники, геоинформационные технологии, беспилотные летательные аппараты. Данные технологии следует считать приоритетными.

2. Технологии с относительно невысокой эффективностью в условиях Кемеровской области (более 70 % суждений экспертов оценивают эффективность как среднюю и ниже): системы автоматического управления, блокчейн, датчики и сенсоры, анализ больших данных, спутниковая навигация.

Как отмечено выше, максимальный эффект цифровизации достигается при комплексном использовании различных технологий, поэтому в перспективе в растениеводстве Кемеровской области должны использоваться все или большинство из них. Однако на начальном этапе в условиях жестких ресурсных ограничений необходимо будет сконцентрировать усилия на наиболее эффективных технологиях, дающих наибольшую отдачу. Систематизация результатов экспертной оценки представлена на рис. 4.

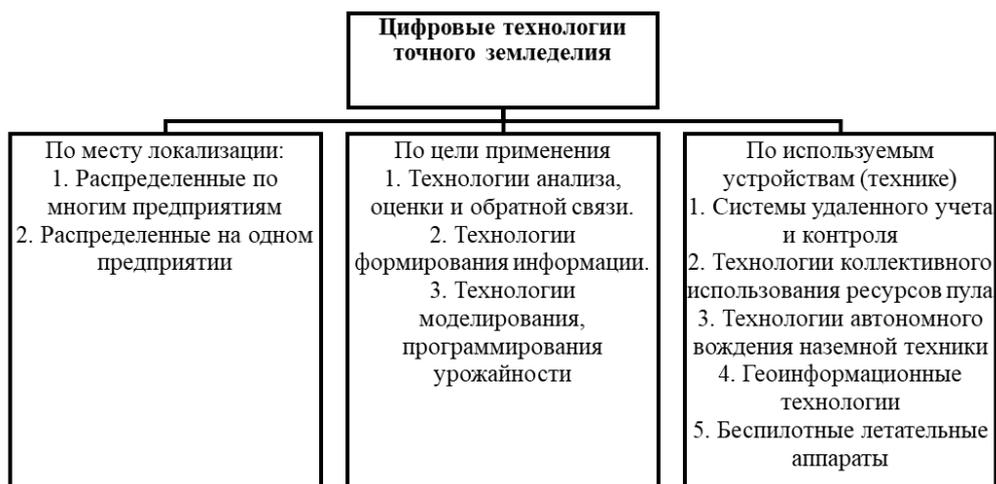


Рис. 4. Приоритетные цифровые технологии точного земледелия по итогам экспертной оценки

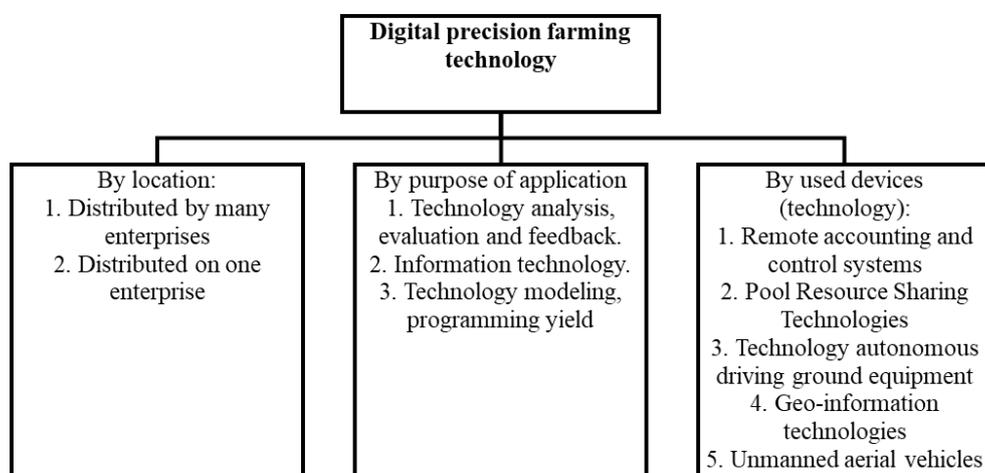


Fig. 4. Priority digital technologies of precision farming on the basis of expert evaluation

### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В ходе исследования была проведена экспертная оценка эффективности и приоритетности основных направлений внедрения цифровых технологий в конкретных условиях растениеводства Кемеровской области. Это позволило определить данные направления следующим образом: инструменты коллективного пользования, совместного доступа к цифровым технологиям; технологии мониторинга и анализа состояния посадок, посевов; расширение использования геоинформационных систем; программирование урожайности; системы цифрового учета, контроля; беспилотная наземная сельскохозяйственная техника; беспилотные летательные аппараты для решения задач точного земледелия. На основе данных направлений наиболее целесообразно реализовывать мероприятия по цифровизации растениеводства Кемеровской области на первоначальном этапе.

На основании экспертной оценки можно выделить следующие приоритетные направления внедрения цифровых технологий в отрасли растениеводства Кемеровской области.

1. Создание, стимулирование и обеспечение эффективной работы институтов, форм коллективного пользования, совместного доступа к цифровым технологиям, включая технику, специализированное программное обеспечение, вычислительные мощности.

2. Массовое внедрение технологий мониторинга и анализа состояния сельскохозяйственных угодий, посадок, посевов с широким применением беспилотных летательных аппаратов.

3. Дальнейшее расширение, детализация информации о состоянии полей, растительности, рельефе местности, других значимых для растениеводства данных в существующей и перспективной геоинформационной системе, расширение использования геоинформационных технологий сельскохозяйственными товаропроизводителями региона.

4. Расширение, тиражирование технологий полномасштабного программирования урожайности с частичной автоматизацией принятия решений, а также выполнения работ.

5. Внедрение систем цифрового учета, контроля в логистических и производственных процессах, физический контроль сохранности, экономии ресурсов сельскохозяйственных предприятий.

6. Инициирование, расширение, тиражирование проектов использования беспилотной (автономной) наземной сельскохозяйственной техники в тех сферах, где уже имеется цифровая модель сельскохозяйственного товаропроизводителя и осуществляются значительные объемы работ.

7. Тиражирование реализованных проектов, расширение использования беспилотных летательных аппаратов для решения задач точного земледелия в части как сбора информации, так и осуществления конкретных агротехнологических воздействий.

Необходимо отметить, что часть этих направлений начала развиваться в 2017–2018 гг., требуется их расширение и тиражирование. Первое, а также четвертое и пятое направления крайне слабо представлены на практике, необходимо их инициирование практически с нуля.

Значительно дифференцируются данные направления также с точки зрения необходимости государственной поддержки и специфического стимулирования. Пред-

ставляется, что пятое направление – автоматизированный контроль и учет – будет успешно реализовываться самими сельскохозяйственными товаропроизводителями, поскольку практика отечественной модели управления (не только в сфере АПК) показывает, что различные технические средства контроля сохранности имущества, поведения персонала вызывают значительную заинтересованность бизнеса. Напротив, капиталоемкие, не всегда очевидные с точки быстрого экономического эффекта проекты приобретения беспилотной техники или внедрения программирования урожайности, как правило, будут требовать поддержки в рамках государственных программ.

### Библиографический список

1. Варганова М. Л., Дробот Е. В. Перспективы цифровизации сельского хозяйства как приоритетного направления импортозамещения // *Экономические отношения*. 2018. Т. 8. № 1. С. 1–12. DOI: 10.18334/eo.8.1.38881.
2. Манжосова И. Б. Модернизация сельского хозяйства в условиях цифровой экономики: анализ проблем и поиск решений. Ставрополь: Секвойя, 2018. 156 с.
3. Григорьев Н. С. Повышение рентабельности растениеводства на основе применения технологий точного земледелия // *Островские чтения*. 2017. № 1. С. 330–332.
4. Оборин М. С. Развитие потенциала сельского хозяйства на основе цифровых технологий // *Вестник Самарского государственного экономического университета*. 2018. № 5. С. 38–47.
5. Кононова С. А., Федулова Е. А. Алгоритм применения системы сбалансированных показателей для оценки результативности деятельности сельскохозяйственной организации // *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2018. № 1. С. 12–17.
6. Осипов В. С., Боговиз А. В. Переход к цифровому сельскому хозяйству: предпосылки, дорожная карта и возможные следствия // *Экономика сельского хозяйства России*. 2017. № 10. С. 11–15. DOI: 10.32651/2070-0288-2017-10-11-15.
7. Першукевич П. М., Тю Л. В. Проблемы развития экономических отношений в сельском хозяйстве Сибири в условиях усиления глобальной конкуренции // *Инновации и продовольственная безопасность*. 2016. № 1. С. 99–104.
8. Deichmann U., Goyal A., Mishra D. Will digital technologies transform agriculture in developing countries? // *Agricultural Economics*. 2016. Vol. 47. No. 1. Pp. 21–33.
9. Аймурзинов М. С., Баймухамедова Г. С. Повышение эффективности управления аграрными предприятиями на базе средств автоматизации и информационных технологий // *Аграрный вестник Урала*. 2018. № 1. С. 57–62.
10. Скворцов Е. А., Скворцова Е. Г., Санду И. С., Иовлев Г. А. Переход сельского хозяйства к цифровым, интеллектуальным и роботизированным технологиям // *Экономика региона*. 2018. Т. 14. Вып. 3. С. 1014–1028. DOI: 10.17059/2018-3-23.
11. Труфляк Е. В. Основные элементы системы точного земледелия. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, 2016. 39 с.
12. Якушев В. П., Якушев В. В., Конев А. В., Матвеев Д. А., Часовских С. В. О совершенствовании реализации агротехнологических решений в точном земледелии // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2018. № 1. С. 13–17.
13. Bramley R. G., Ouzman J., Gobbett D. L. Regional scale application of the precision agriculture thought process to promote improved fertilizer management in the Australian sugar industry // *Precision Agriculture*. 2019. Vol. 20. No. 2. Pp. 362–378. DOI: 10.1007/s11119-018-9571-8.
14. Leroux C., Tisseyre B. How to measure and report within-field variability: a review of common indicators and their sensitivity // *Precision Agriculture*. 2019. Vol. 20. No. 3. Pp. 562–590. DOI: 10.1007/s11119-018-9598-x.
15. Finger R., Swinton S. M., Benni N. E., Walter A. Precision farming at the nexus of agricultural production and the environment // *Annual Review of Resource Economics*. 2019. Vol. 11. No. 1. Pp. 313–335. DOI: 10.1146/annurev-resource-100518-093929.
16. Конюхов А. Н., Дюбуа А. Б., Сафошкин А. С. Основы теории нечетких множеств. Рязань: Рязанский государственный радиотехнический университет, 2017. 88 с.
17. Волкова Е. С., Гисин В. Б. Нечеткие множества и мягкие вычисления в экономике и финансах. М.: Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, 2016. 184 с.
18. Волков Д. О., Аврамчикова Н. Т. Применение метода экспертных оценок для оценки эффективности государственной финансовой поддержки инновационной деятельности региона // *Решетневские чтения*. 2017. Т. 2. № 21. С. 465–467.

### Об авторах:

Артем Олегович Рада<sup>1</sup>, аспирант кафедры финансов и кредита, ORCID 0000-0001-7678-8402, AuthorID 1044755; +7 (3842) 58-57-97, radaartem@mail.ru

<sup>1</sup> Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

## Definition of priority directions of introduction of digital technologies in the enterprise plant based on fuzzy expert assessments (on materials of the Kemerovo region)

A. O. Rada<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

✉ E-mail: radaartem@mail.ru

**Purpose.** The article solves the problem of determining priorities for the introduction of digital technologies in plant-growing enterprises in the conditions of financial, personnel and resource constraints. Simultaneous introduction of the entire spectrum of digital technology is unlikely. Therefore, it is necessary to identify the most effective technologies that contribute to improving the efficiency of crop production enterprises. **Methodology and methods.** Since the digitalization of agriculture in Russia is at the initial stage, the most rational method is the use of fuzzy expert assessments, which are expressed by linguistic variables. The study formed an expert group and ranked the priorities of the introduction of digital technologies. All digital technologies of crop production were considered in three classification groups: the purpose of the application, the equipment used localization (in a separate enterprise or in a region). **Results.** As a result of expert assessments and their processing using fuzzy sets, the priorities for the introduction of digital technologies in the plant growing enterprises of the Kemerovo region are identified. According to the degree of localization, the most effective are distributed among many agricultural enterprises, and then distributed in one enterprise. Among the vehicles used, the highest marks were obtained: remote accounting and control systems, shared pool resource sharing technologies, ground-based autonomous (unmanned) driving technology, geo-information technologies, unmanned aerial vehicles. From the point of view of the purpose of applying digital technologies, the most appreciated were the informatization, monitoring and programming of crops, the construction of a digital model for the work of an agronomist. **The scientific novelty.** As a result of the research conducted, specific priorities for the introduction of digital technologies in the crop industry of the Kemerovo Region were highlighted. Identified digital technology, the introduction of which requires government support. Prospects for further research are associated with the definition of organizational and managerial conditions for the productive implementation of specific technologies, the rationale for their economic efficiency in the conditions of various types of crop production enterprises.

**Keywords:** digital technologies, crop production, expert assessments, linguistic variable, geographic information systems, unmanned aerial vehicles, precision farming, autonomous driving, efficiency of an agricultural enterprise, productivity programming, collective use.

**For citation:** Rada A. O. Opredeleniye prioritetnykh napravleniy vnedreniya tsifrovyykh tekhnologiy na predpriyatiyakh rasstaniyevodstva na osnove nechetkikh ekspertnykh otsenok (na materialakh Kemerovskoy oblasti) [Definition of priority directions of introduction of digital technologies in the enterprise plant based on fuzzy expert assessments (on materials of the Kemerovo region)] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 12 (191). Pp. 89–98. DOI: ... (In Russian.)

**Paper submitted:** 02.10.2019.

### References

1. Vartanova M. L., Drobot E. V. Perspektivy tsifrovizatsii sel'skogo khozyaystva kak prioritetnogo napravleniya importozameshcheniya [Prospects for digitalization of agriculture as a priority area of import substitution] // Ekonomicheskie otnosheniya. 2018. Vol. 8. No. 1. Pp. 1–12. DOI: 10.18334/eo.8.1.38881. (In Russian.)
2. Manzhosova I. B. Modernizatsiya sel'skogo khozyaystva v usloviyakh tsifrovoy ekonomiki: analiz problem i poisk resheniy [Modernization of agriculture in the digital economy: problem analysis and search for solutions]. Stavropol': Sekvoyaya, 2018. 156 p. (In Russian.)
3. Grigor'ev N. S. Povyshenie rentabel'nosti rastenievodstva na osnove primeneniya tekhnologiy tochnogo zemledeliya [Improving the profitability of crop production based on the use of precision farming technologies] // Ostrovskie chteniya. 2017. No. 1. Pp. 330–332. (In Russian.)
4. Oborin M. S. Razvitiye potentsiala sel'skogo khozyaystva na osnove tsifrovyykh tekhnologiy [Development of agricultural potential on the basis of digital technologies] // Vestnik of Samara State University of Economics. 2018. No. 5. Pp. 38–47. (In Russian.)
5. Kononova S. A., Fedulova E. A. Algoritm primeneniya sistemy sbalansirovannykh pokazateley dlya otsenki rezul'tativnosti deyatel'nosti sel'skokhozyaystvennoy organizatsii [Algorithm for applying a balanced scorecard to evaluate the performance of an agricultural organization] // Economy of agricultural and processing enterprises. 2018. No. 1. Pp. 12–17. (In Russian.)
6. Osipov V. S., Bogoviz A. V. Perekhod k tsifrovomu sel'skomu khozyaystvu: predposylki, dorozhnaya karta i vozmozhnye sledstviya [Transition to digital agriculture: prerequisites, roadmap and possible consequences] // Jekonomikasel'skogohozhajstvaRossii. 2017. No. 10.Pp. 11–15. DOI: 10.32651/2070-0288-2017-10-11-15. (In Russian.)

7. Pershukovich P. M., Tyu L. V. Problemy razvitiya ekonomicheskikh otnosheniy v sel'skom khozyajstve Sibiri v usloviyakh usileniya global'noy konkurentsii [Problems of development of economic relations in the agriculture of Siberia in the face of increasing global competition] // *Innovations and Food Safety*. 2016. No. 1. Pp. 99–104.
8. Deichmann U., Goyal A., Mishra D. Will digital technologies transform agriculture in developing countries? // *Agricultural Economics*. 2016. Vol. 47. No. 1. Pp. 21–33.
9. Aymurzinov M. S., Baymukhamedova G. S. Povyshenie effektivnosti upravleniya ag-rarnymi predpriyatiyami na baze sredstv avtomatiki i informatsionnykh tekhnologiy [Improving the management of agricultural enterprises based on automation and information technology] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2018. No. 1. Pp. 57–62. (In Russian.)
10. Skvortsov E. A., Skvortsova E. G., Sandu I. S., Iovlev G. A. Perekhod sel'skogo khozyaystva k tsifrovym, intellektual'nym i robotizirovannym tekhnologiyam [The transition of agriculture to digital, intelligent and robotic technologies] // *Economy of Region*. 2018. Vol. 14. No. 3. Pp. 1014–1028. DOI: 10.17059/2018-3-23. (In Russian.)
11. Truflyak E. V. Osnovnye elementy sistemy tochnogo zemledeliya [The main elements of a precision farming system]. Krasnodar: Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet im. I. T. Trubilina, 2016. 39 p. (In Russian.)
12. Yakushev V. P., Yakushev V. V., Konev A.V., Matveenko D. A., Chasovskikh S. V. O sovershenstvovanii realizatsii agrotekhnologicheskikh resheniy v tochnom zemledelii [On improving the implementation of agrotechnological solutions in precision farming] // *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2018. No. 1. Pp. 13–17. (In Russian.)
13. Bramley R. G., Ouzman J., Gobbett D. L. Regional scale application of the precision agriculture thought process to promote improved fertilizer management in the Australian sugar industry // *Precision Agriculture*. 2019. Vol. 20. No. 2. Pp. 362–378. DOI: 10.1007/s11119-018-9571-8.
14. Leroux C., Tisseyre B. How to measure and report within-field variability: a review of common indicators and their sensitivity // *Precision Agriculture*. 2019. Vol. 20. No. 3. Pp. 562–590. DOI: 10.1007/s11119-018-9598-x.
15. Finger R., Swinton S. Mю, Benni N. E., Walter A. Precision farming at the nexus of agricultural production and the environment // *Annual Review of Resource Economics*. 2019. Vol. 11. No. 1. Pp. 313–335. DOI: 10.1146/annurev-resource-100518-093929.
16. Konyukhov A. N., Dyubua A. B., Safoshkin A. S. Osnovy teorii nechetkikh mnozhestv [Fundamentals of the theory of fuzzy sets]. Ryazan': Ryazanskiy gosudarstvennyy radiotekhnicheskiy universitet, 2017. 88 p. (In Russian.)
17. Volkova E. S., Gisin V. B. Nechetkie mnozhestva i myagkie vychisleniya v ekonomike i finansakh [Fuzzy sets and soft calculations in economics and finance]. Moscow: Finansovyy universitet pri Pravitel'stve Rossiyskoy Federatsii, 2016. 184 p. (In Russian.)
18. Volkov D. O., Avramchikova N. T. Primenenie metoda ekspertnykh otsenok dlya otsenki effektivnosti gosudarstvennoy finansovoy podderzhki innovatsionnoy deyatel'nosti regiona [The use of the method of expert assessments to assess the effectiveness of state financial support for innovative activities in the region] // *Reshetnevskie chteniya*. 2017. Vol. 2.No.21. Pp. 465–467. (In Russian.)

#### **Authors' information:**

Artem O. Rada<sup>1</sup>, postgraduate of the department of finance and credit, ORCID 0000-0001-7678-8402, AuthorID 1044755; +7 (3842) 58-57-97, radaartem@mail.ru

<sup>1</sup> Kemerovo State University, Kemerovo, Russia