УДК 330

JEL D04, O13

DOI: 10.17213/2312-6469-2020-3-88-97

ПОДХОДЫ К ПРОГНОЗУ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПРИМЕНЕНИЯ ДАННЫХ ДЗЗ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА (НА МИКРОУРОВНЕ)¹

© *В.И. Меденников**, *Е.В. Бутрова***, 2020

* *Вычислительный центр им. А.А. Дородницына ФИЦ «Информатика
и управление» РАН, г. Москва, Россия*

** *ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»,
г. Москва, Россия*

Рассматриваются тенденции развития технологий дистанционного зондирования Земли, ставшие драйвером бурного развития технологий точного земледелия, поставившего важную проблему оценки экономического эффекта реализации проектов по внедрению этих технологий. В работе данная проблема рассматривается, исходя из анализа необходимых основных условий для успешной реализации любой инновации. Предложены два наиболее приемлемых подхода к оценке экономического эффекта применения данных технологий в сельском хозяйстве на микроуровне. Первый применим для оценки при внедрении лишь отдельных технологий ДЗЗ и основан на использовании статических оценок. Второй подход применим при комплексном подходе к цифровой трансформации при формировании единого информационного пространства цифрового взаимодействия отрасли, для чего предложена соответствующая математическая модель в контексте влияния технологий дистанционного зондирования Земли на повышение конкурентоспособности хозяйств, считающееся одним из основных путей эффективного развития сельского хозяйства.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, технологии точного земледелия, математическое моделирование, сельское хозяйство.

APPROACHES TO THE FORECAST OF ECONOMIC EFFECT OF APPLICATION OF EARTH'S REMOTE SENSING DATA FOR SOLVING AGRICULTURE PROBLEMS (AT MICRO LEVEL)

© *V.I. Medennikov**, *E.V. Butrova***, 2020

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-010-00619 «Разработка методологии применения результатов проекта «Цифровая Земля» для решения задач народного хозяйства и модель прогноза экономического эффекта их применения в контексте цифровизации России».

** Federal Research Center "Computer Science and Control",
Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
** Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University),
Moscow, Russia*

The development trends of Earth's remote sensing technologies are considered. They have become a driver of the rapid development of precision farming technologies. It posed an important problem of the economic effect assessment of projects in which these technologies are implemented. In this work, this problem is considered on the basis of an analysis of the necessary basic conditions for the successful implementation of any innovation. Two, the most acceptable approaches to assessing the economic effect of the application of these technologies in agriculture at the micro level, are proposed. The first one is applicable for evaluation when introducing only certain remote sensing technologies. It is based on the use of static estimates. The second approach is applicable in an integrated approach to digital transformation in the formation of a single information space for the digital interaction of the industry, for which an appropriate mathematical model is proposed in the context of the influence of remote sensing technologies on improving the competitiveness of farms, which is considered one of the main ways of effective development of agriculture.

Keywords: *Earth's remote sensing, precision farming technologies, mathematical modeling, agriculture university, psychological and methodical readiness, student orientation, graduate of school.*

Введение

Технологии получения, хранения, передачи и обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) получили в настоящее время широкое применение во всем мире. Почти с самого начала появления данных технологий они стали использоваться в сельском хозяйстве. На первых этапах информация ДЗЗ использовалась лишь в виде снимков, что существенно снижало интерес к ДЗЗ, поскольку те требовали дешифровки, пояснений снимков, накапливания их в некоторой базе данных (БД) в динамике наблюдений в сочетании с рядом наземных данных. Лишь с появлением таких БД в виде геоинформационных систем (ГИС), а также современной съемочной аппаратуры и платформ-носителей ее началось широкое применение технологий ДЗЗ в сельском хозяйстве. Самое значительное применение данных технологий получило в точном земледелии (ТЧЗ), переживающем сейчас настоящий бум.

Как всегда, вслед за успешными опытами внедрения инноваций в развитых странах и в нашей стране в ряде предприятий начали внедрять отдельные технологии ДЗЗ и ТЧЗ. Однако некомплексный, бессистемный характер такого внедрения не привел к обещанным экономическим выгодам. Анализ опыта применения ТЧЗ в мире показывает, что данные ДЗЗ позволяют решить множество различных задач по выращиванию растений, но их применение требует привлечения значительного объема дополнительной информации, как накопленной в течение длительного времени, так

и оперативной с соответствующей интеграцией ее с датчиками, оборудованием и исполнительными механизмами, устанавливаемыми на сельскохозяйственную технику.

В связи с этим в настоящее время на повестке дня остро стоит вопрос о степени готовности отрасли к внедрению ТЧЗ и ДЗЗ, о формировании необходимых условий эффективности применения этих технологий, а также разработки подходов к прогнозу экономического эффекта применения данных ДЗЗ [1, 2].

1. Анализ необходимых условий цифровой трансформации сельского хозяйства

Для данного анализа будем исходить из обязательности выполнения условий успешной реализации научно-технологической инновации: необходимо появление «социального заказа», должен быть обеспечен необходимый технический уровень для ее претворения и необходим достаточный компетентный образовательный уровень будущих исполнителей и потребителей для адекватного восприятия и применения инновации [3].

Хотя в стране большой потенциал для развития технологий ДЗЗ и ТЧЗ в силу низких продуктивности культур, производительности труда по сравнению с развитыми странами, однако, эти же данные указывают на существующие возможности использования традиционных факторов увеличения эффективности сельскохозяйственного производства в виде: внедрение в земледелие более продуктивных сортов культур, производство более энергоэффективной техники, создание сбалансированной оптимальной агротехнологической системы ведения сельского хозяйства, разработка эффективных средств питания и защиты растений. На Западе же цифровизация осталась, фактически, единственным средством повышения эффективности и качества продукции отрасли на фоне исчерпания указанных выше факторов. В такой ситуации у нас в силу бедности предприятий, изношенности машинно-тракторного парка необходимы тщательные расчеты выбора направлений инвестирования. Таким образом, «социальный заказ» в стране не совсем сформирован. К проблемам выполнения второго условия можно отнести высокую цену технологий ДЗЗ и ТЧЗ, в основном приходящих с Запада, при отсутствии индустриального изготовления российской сельскохозяйственной техники, приспособленной к монтажу нужного оборудования и программного обеспечения (ПО). Иногда стоимость только одного датчика превышает стоимость российского трактора [4]. В силу бедности большинства хозяйств России преимуществами технологий ДЗЗ и ТЧЗ может воспользоваться незначительное их количество. На основе математического моделирования [5] показано, что лишь около 17% организаций могут осуществить начальный этап цифровизации без государственной поддержки.

Что касается социально-образовательного уровня потребителей, то в данный момент пользователям в основном известны лишь продукты, спро-

ектированные на основе «позадачного» подхода, применяемого в эпоху компьютеризации. Фактически, комплексная цифровизация приводит к скачку технической сложности новых технологий, что требует другого уровня компетенций и исполнительской дисциплины, нежели имеющихся в настоящее время. Убыстряющийся многосторонний научно-технологический прогресс приводит к отсутствию устоявшихся практик на фоне традиционного консерватизма в сельском хозяйстве, когда технологии проверялись на длительном интервале времени. В этой ситуации при нарастании все более совершенных технологий выгодней выглядит стратегия – подождать, тем более, что нет достоверных, многократно проверенных данных об эффективности всех новинок.

Указанные необходимые условия реализации научно-технологических инноваций нашли подтверждение математическим моделированием в виде существования комплементарных зависимостей между средствами цифровизации в виде ИКТ, организационным и человеческим капиталами, выполненным в [6]. Знание и практическое использование этих соотношений чрезвычайно важны для АПК в силу существенного разрыва между указанными направлениями.

2. Подходы к оценке экономического эффекта применения данных ДЗЗ в сельском хозяйстве

На заре компьютеризации для оценки эффективности ИКТ использовался аппарат производственной функций Кобба-Дугласа [7, 8]. Такой подход был оправдан в силу выполнения основных достаточно жестких требований математической статистики: информация должна отражать собой результаты либо единовременного обследования достаточного множества однородных объектов, либо результаты наблюдения за одним и тем же объектом в течение больших периодов времени; при этом объекты (объект) должны пребывать в достаточно одинаковых условиях в течение периода обследований.

В настоящее время в силу значительной динамики всего технологического уклада общества обеспечить эти условия почти невозможно. Тем более, что цифровых технологий очень много, и они отличаются применяемым набором оборудования, программного обеспечения, квалификацией кадров и т.д. В этой ситуации статистические методы обычно дополняют или заменяют экспертными оценками и качественным анализом.

Поэтому при обилии прогнозов эффективности использования цифровых технологий находишь довольно отличающиеся друг от друга результаты без математического подтверждения их.

По оценке Goldman Sachs, совокупный рост производительности растениеводства за счет внедрения решений точного земледелия может вырасти на 70% и принести \$800 млрд дополнительной продукции к 2050 году. Рынок решений точного земледелия производителям и разработчи-

кам принесет \$240 млрд в 2050 году [9]. В [10] же предсказывается снижение до 20% на гектар таких ресурсов, как топливо, семена, удобрения.

Вслед за такими многообещающими прогнозами Аналитический Центр Минсельхоза России без учета проанализированных выше проблем цифровой трансформации отрасли еще более многообещающе планирует к 2024 году: увеличение производительности труда на сельхозпредприятиях в 2 раза в расчете на 1 работника; снижение доли материальных затрат в себестоимости единицы на 20% и более; цифровизация в сельском хозяйстве принесет суммарный экономический эффект в размере 4,8 трлн. руб. в год или 5,6% прироста ВВП России [11].

Такие прогнозы, не подкрепленные математическими моделями, объясняются просто – желанием получить некоторые преференции, инвестиции для отечественных прогнозистов, захватить рынок сбыта – западными компаниями, чему способствует обещание принципиальной возможности получения существенного экономического эффекта от цифровизации.

На микроуровне во всем мире обычно применяются отдельные подходы к расчету эффективности путем оценки проявления тех или иных источников ее возникновения. Рассмотрим два наиболее приемлемых подхода к оценке экономического эффекта применения данных ДЗЗ в сельском хозяйстве на микроуровне. Первый годится для оценки внедрения отдельных технологий ИКТ и основан на использовании статических оценок [12]. Основным критерием методики является «совокупная стоимость владения». Данный показатель учитывает только проектные расходы, то есть прямые и косвенные затраты, что практически превратило данный метод в индустриальный стандарт по оценке стоимости владения ИКТ. В него входит шесть основных характеристик затрат, сгруппированных в группы: основные или операционные; прямые и косвенные; постоянные и переменные расходы.

Вторым критерием методики статических оценок является рентабельность капитала. Она отражает возврат инвестированного в проект капитала:

$$ROI = (P + I_1 + I_0) / I_0,$$

где I_0 – инвестиционный капитал, I_1 – стоимость проекта на конец периода,

P – полученная прибыль.

Третьим критерием методики является «экономическая добавленная стоимость». Критерий отражает разницу между чистой операционной прибылью $NOPAT$ (прибыль минус налоги) компании и всеми затратами: $EVA = NOPAT - WACC \cdot I_0$, где $WACC$ – средневзвешенная стоимость капитала.

Применяется также критерий «средневзвешенной стоимости капитала»:

$$WACC = \sum_{i=1}^M K_i \alpha_i (1 - t_i) / \sum_{i=1}^M K_i,$$

где K_i – цена i -го источника;

α_i – ставка i -го источника;

t_i – ставка налога i -го источника;

M – количество источников.

Порой, для большей надежности, прибегают к обобщенному критерию, состоящему из суммы взвешенных критериев, указанных выше. Обобщенная методика оценки может быть дополнена также оценками при помощи метода аналогов на основании фактических данных подобных проектов, успешно реализованных близкими по роду деятельности предприятиями, а также методами экспертных оценок.

Второй подход к оценке экономического эффекта применения данных ДЗЗ в сельском хозяйстве годится при комплексном подходе к цифровой трансформации, когда формируется единое информационное пространство цифрового взаимодействия большинства предприятий отрасли. Тогда данный подход основан на использовании этих технологий для повышения конкурентоспособности предприятий, считающегося одним из основных путей эффективного развития отрасли в российской экономике. Конкурентоспособность предприятия на рынке выражается через качество и цену.

Процесс формирования конкурентоспособности представляет собой совокупность организационно-экономических мер по приведению производственных программ выпуска продукции определенного объема, ассортимента и качества в соответствие с имеющимся производственным потенциалом. Как уже показано выше, в эру цифровой экономики применение производственной функцией Кобба – Дугласа затруднено.

Тогда запишем в общем виде индикаторы качества и себестоимости произведенной продукции, влияющих на конкурентоспособность предприятия, в виде функциональной зависимости от комплекса факторов внешней и внутренней среды его функционирования.

$$y_{ijk} = F_{ijk}(x_{njk}), \quad (1)$$

где y_{ijk} – значение j -го индикатора конкурентоспособности i -ой продукции k -го предприятия, $j \in J$, $i \in I$, $n \in N$, $k \in K$, $j = 1$ отражает качество продукции, $j = 2$ – себестоимость;

x_{njk} – характеристики n -го фактора, влияющего на j -й индикатор k -го предприятия.

К факторам внешней среды отнесем: технические, социально-культурные, экономические. К факторам внутренней среды: организационные, технические, экономические, социальные. Исходя из целей нашего исследования, в качестве факторов внешней среды будем рассматривать: объем спроса продукции на рынке, нормативные требования регулирующих органов и недавно появившиеся требования третьих лиц, степень доступности ИКТ общего пользования. В качестве факторов внутренней среды: объем производства, степень проникновения технологий ДЗЗ в цифровизацию организации, уровень профессиональных навыков персонала, материально-технические и финансовые ресурсы.

Остановимся на факторе «нормативные требования регулирующих органов и недавно появившиеся требования третьих лиц». С развитием интернет-технологий к качеству сельскохозяйственной продукции потребители и государства начинают предъявлять повышенные требования в следующих направлениях:

- увеличивающаяся социальная ответственность производителя, навязываемая государством и обществом в целом;
- цифровизация организационно-управленческих мероприятий по обеспечению выпуска продукции надлежащего качества по всей цепочке ее движения – от производства до потребления.

В связи с этим в последнее время актуальна стала концепция требований третьих лиц, когда любой покупатель в онлайн-режиме имеет возможность проверить данные о качестве, безопасности и легальности продукции, а контролирующие органы - получать доступ ко всем сведениям о ее движении. В АПК данная концепция получила название прослеживаемости продукции.

Интегральный фактор «степень цифровизации производства» зависит от многих условий, в основном, от степени развитости системы управления предприятием, от уровня автоматизации отношений с клиентами, от степени цифровизации технологических процессов, от степени использования сервисов облачных вычислений, от степени интеграции и типизации информационных систем. Исходя из описанных соображений, выражение (1) можно конкретизировать в виде:

$$y_{ijk} = F_{ijk}(W_i y_i^H z_{ko} V_{ik} z_{kc} L_k M_k \Phi_k), \quad (2)$$

где W_i – объем спроса i -ой продукции на рынке;

y_i^H – нормативные требования, требования третьих лиц по качеству i -ой продукции;

z_{ko} – затраты на ИКТ общего пользования k -го предприятия,

V_{ik} – объем выпуска i -ой продукции k -го предприятия;

z_{kc} – общие затраты на внедрение технологий ДЗЗ k -го предприятия;

L_k – уровень профессиональных навыков персонала k -го предприятия;

M_k – материально-технические ресурсы;

Φ_k – объем выделенных финансовых ресурсов на цифровизацию k -го предприятия.

Через y_{jk} определим j -й индикатор конкурентоспособности k -го предприятия $y_{jk} = \sum_{i=1}^I \alpha_i y_{ijk}$, где $\sum_{i=1}^I \alpha_i = 1$, $0 \leq \alpha_i$. Тогда назовем выражение

y_k интегральным индикатором конкурентоспособности k -го предприятия

$$y_k = \beta_1 y_{1k} + \beta_2 y_{2k}, \quad (3)$$

$\beta_1 + \beta_2 = 1$, $0 \leq \beta_1$, $0 \leq \beta_2$. В этой ситуации можно ставить задачу об увеличении интегрального индикатора конкурентоспособности k -го предприятия:

$$y_k = \max (\beta_1 y_{1k} + \beta_2 y_{2k}), \quad (4)$$

где c_{ik} – цена i -ой продукции j -го предприятия на рынке при ограничениях: $y_i^H \leq y_{i1k}$ (требования по качеству i -ой продукции);

$$\sum_{k=1}^K V_{ik} \leq W_i \text{ (суммарный объем выпускаемой продукции для продажи}$$

не должен превышать объема спроса i -ой продукции на рынке);

$f_{ik}(y_{i2k}) \leq c_{ik}$, где c_{ik} – цена i -ой продукции k -го предприятия на рынке (цена продукции не должна быть ниже ее себестоимости, выраженной через соответствующий индикатор конкурентоспособности);
 $z_{ko} + z_{kc} \leq \Phi_k$ (финансовые ограничения).

Разумеется, данная постановка иллюстрирует лишь общий взгляд на оценку влияния использования технологий ДЗЗ предприятий на их конкурентоспособность на рынке. Более того, на данном этапе цифровизации экономики решить в общем виде проблему эффективности цифровизации отраслей не представляется возможным в силу незначительных статистических данных о ее результатах, а также отсутствия единого информационного интернет-пространства цифрового взаимодействия не только сельскохозяйственной отрасли, но и страны. Пока это остается фундаментальной проблемой, над решением которой трудятся многие специалисты.

Выводы

В рыночных условиях постепенно приходят к пониманию необходимости формирования некоторого облачного единого информационного пространства цифрового взаимодействия участников цепочки добавленной стоимости [9]. В нашей стране пока эти идеи не находят отклика в Минсельхозе, хотя в [13] это было предложено, и частично они были реализо-

ваны в виде единого информационного Интернет-пространства цифрового взаимодействия АПК, включающего и цифровую подплатформу ТЧЗ на базе ДЗЗ. А пока в отрасли продолжается эпоха позадачного внедрения отдельных технологий ТЧЗ и ДЗЗ, что не позволяет разработать универсальную методику оценки экономического эффекта применения данных ДЗЗ в сельском хозяйстве на микроуровне.

Литература

1. Butrova E.V., Medennikov V.I. The system of evaluation principles for the economic effects of earth remote sensing data application for solution of the problems in various economy branches // Journal of Environmental Management and Tourism. – 2019. – № 10 (5). – S. 1105-1111.
2. Kulba V., Medennikov V., Butrova E. Methodical Approaches to Agricultural Risk Estimate in Forecasting the Economic Effect of Applying Data of the Earth's Remote Sensing // IEEE Xplore Digital Library. Twelfth International Conference "Management of large-scale system development" (MLSD). – 2019. – DOI: 10.1109 / MLSD.2019.8911084.
3. Меденников В.И. Методика оценки эффективности использования информационных научно-образовательных ресурсов / В.И. Меденников, С.Г. Сальников, Л.Г. Муратова. – М.: Аналитик, 2017. – 250 с.
4. [Электронный ресурс]. – URL: www.at.farm (дата обращения 22.04.2020).
5. Меденников В.И., Муратова Л.Г., Сальников С.Г., Горбачев М.И. Экономико-математическое моделирование сценариев информатизации сельского хозяйства // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2017. – № 4. – С. 23-27.
6. Milgrom P., Roberts J. The economics of modern manufacturing: Technology, strategy, and organization // The American Economic Review. – 1990. – Vol. 8. P. 511-528.
7. Акаев А.А., Рудской А.И. Конвергентные ИКТ как ключевой фактор технического прогресса на ближайшие десятилетия и их влияние на мировое экономическое развитие // International Journal of Open Information Technologies. ISSN: 2307-8162. 2017. Vol. 5. No. 1. P. 1-18.
8. Erik Brynjolfsson, Lorin Hitt, Shinkyu Yang. Intangible Assets: Computers and Organizational Capital // Brookings Papers on Economic Activity. 2002. Vol. 2. No. 1.
9. Цифровизации сельского хозяйства в России не хватает данных [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.iksmedia.ru/news/5533967-Czifrovizacii-selskogo-hozyajstva.html#ixzz6KBD7IYEP> (дата обращения 25.04.2020).
10. Точное земледелие повысит урожаи [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gisa.ru/55612.html> (дата обращения 10.05.2020).
11. Цифровизация сельского хозяйства в России: этапы, итоги, планы TAdviser: ИТ в агропромышленном комплексе России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geometrussia.ru/a219060-tsifrovizatsiya-selskogo-hozyajstva.html> (дата обращения: 20.09.2019).
12. Меденников В.И. Теоретические основы и методология оценки эффективности использования информационного ресурса в аграрной экономике / В.И. Меденников, С.Г. Сальников, Л.Г. Муратова, А.А. Личман. – М.: Аналитик, 2015. – 250 с.
13. Меденников В.И. Единое информационное Интернет-пространство АПК на основе идей А.И. Китова и В.М. Глушкова об ОГАС // Цифровая экономика. – 2018. – № 1. – С. 38-49.

*Поступила в редакцию**03.03.2020*

Меденников Виктор Иванович – доктор технических наук, профессор, Вычислительный центр им. А.А. Дородницына ФИЦ «Информатика и управление» РАН, г. Москва, Россия.

Medennikov Viktor Iv. – Doctor of Engineering, leading researcher; Federal Research Center "Computer Science and Control", Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

Бутрова Елена Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной экономики Центра управления отраслями промышленности экономического факультета, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия.

Butrova Elena V. – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Economics of the Center for Management of Industries of the Faculty of Economics, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Peoples' Friendship University of Russia".

Россия, 117198, г. Москва, Ул. Миклухо-Маклая, 6
6, Miklukho-Maklaya str., Moscow, Russia
e-mail: dommed@mail.ru
e-mail: evbutrova@gmail.com