

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ АГРАРНОГО СЕКТОРА КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

А.Т. Мамыралиева, канд. экон. наук, доцент

Жалал-Абадский государственный университет им. Б. Осмонова
(Кыргызстан, г. Джалал-Абад)

DOI:10.24412/2411-0450-2025-10-197-201

Аннотация. В данном исследовании оценивается причинно-следственное влияние цифровизации (проникновения интернета) на производительность сельского хозяйства (урожайность зерновых) в странах Центральной Азии. В большинстве исследований возникают проблемы эндогенности, обусловленные взаимным влиянием и ненаблюдаемыми факторами. Мы решаем эту проблему, используя эконометрический подход двухшагового метода наименьших квадратов (2SLS) на панельных данных из пяти стран (Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан, Узбекистан) за период с 2015 по 2023 год. Для выявления причинно-следственной связи мы используем доступ к электроэнергии (*sdg7_elecac*) в качестве инструментальной переменной (IV). Результаты первого этапа подтверждают эффективность инструмента ($F = 12,395$). Второй этап показывает, что увеличение проникновения интернета на один процентный пункт (п.п.) приводит к росту урожайности зерновых на 0,077 т/га ($P < 0,01$). Мы также обнаружили, что низкий уровень бедности и высокий уровень человеческого капитала (измеряемый продолжительностью жизни) являются ключевыми предпосылками для эффективных цифровых решений. Эти результаты имеют значение для разработки целевой политики цифровизации и продовольственной безопасности в регионе.

Ключевые слова: цифровизация, сельское хозяйство, инструментальные переменные (IV), Центральная Азия, урожайность зерновых, продовольственная безопасность, Панельные данные.

Продовольственная безопасность и устойчивое сельское хозяйство играют центральную роль в глобальной повестке ЦУР 2. Изменение климата и рост населения делают инновации жизненно важными для повышения производительности. Цифровая трансформация, такая как использование интернета, мобильных технологий и точного земледелия, может кардинально изменить доступ фермеров к знаниям, рынкам и ресурсам. В результате она может повысить урожайность и эффективность использования ресурсов.

Центральная Азия уникальна. Сельское хозяйство играет важную роль в её экономике, и модернизация сектора крайне важна. Немногие эмпирические исследования напрямую оценивают влияние цифровизации на произ-

водительность в этом регионе. Существующие исследования, как правило, используют методы наименьших квадратов (OLS), которые могут страдать от эндогенности, когда обратная причинно-следственная связь и ненаблюдаемые факторы (например, качество институтов) подрывают обоснованность причинно-следственных связей.

Методология

В нашем исследовании используются панельные данные по Казахстану, Кыргызстану, Таджикистану, Туркменистану и Узбекистану за период с 2015 по 2023 год (при условии их доступности), всего 38 наблюдений. Данные взяты из Доклада об устойчивом развитии (SDR) [1-3].

Таблица.

Переменная	Обозначение	Измерение	Роль в Модели
Урожайность зерновых	sdg2_crlyld	Тонны на гектар (т/га)	Зависимая переменная (Y)
Использование Интернета	sdg9_users	% населения	Эндогенная переменная (D)
Доступ к электричеству	sdg7_elecac	% населения	Инструментальная переменная (Z)
Бедность	sdg1_wpc	% населения, живущего за \$2.15/день	Контрольная переменная (X1)
Продолжительность жизни	sdg3_lifec	Лет (как прокси человеческого капитала)	Контрольная переменная (X2)

Для учета факторов, не зависящих от времени или относящихся к разным странам, таких как климат, институциональное наследие

или глобальные потрясения, мы используем панельную регрессионную модель с двухфакторной фиксированными эффектами (FE).

$$sdg2_crlyld_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 sdg9_users_{i,t} + \beta_2 sdg1_wpc_{i,t} + \beta_3 sdg3_lifec_{i,t} + \mu_i + \lambda_t + \epsilon_{i,t}$$

Где: μ_i — Фиксированные эффекты страны, λ_t — Фиксированные эффекты года.

Модель FE устойчива, но не устраняет смещение, обусловленное эндогенностью основного регрессора *sdg9_users*. В нашем исследовании эндогенность возникает по двум основным причинам:

1. Обратная причинно-следственная связь: высокая урожайность и доходы в сельском хозяйстве могут способствовать финансированию инвестиций в цифровые технологии, искажая наблюдаемую связь между цифровизацией и урожайностью.

Существуют также ненаблюдаемые факторы, такие как качество управления или агрономические знания. Эти факторы способствуют повышению как цифровизации, так и урожайности. Это приводит к завышению β_1 в МНК.

Для получения несмещенной оценки причинно-следственной связи мы используем метод инструментальных переменных (ИП), который изолирует экзогенные вариации в эндогенном регрессоре [5]. Мы реализуем это с помощью двухшагового метода наименьших квадратов (2МНК).

Доступ к электроэнергии (*sdg7_elecac*) выбран в качестве инструментальной переменной Z. Для валидности оценки по методу 2SLS инструмент Z должен удовлетворять двум строгим условиям:

Инструмент Z должен быть сильным предиктором эндогенной переменной D.

Мы оцениваем силу инструмента в регрессии «первого этапа»:

Фактический результат: F-статистика первого этапа=12.395.

Поскольку значение 12,395 превышает 10, стандартный порог для слабого инструмента, мы подтверждаем, что доступ к электроэнергии является сильным и релевантным инструментом для прогнозирования цифровизации.

Инструмент Z должен влиять на зависимую переменную Y только через эндогенную переменную D.

Доступ к электроэнергии (*sdg7_elecac*) является технологическим и инфраструктурным условием для доступа к интернету и цифровым услугам. Однако он не оказывает прямого линейного влияния на урожайность в сельском хозяйстве. Любое влияние на урожайность происходит только при наличии доступа к интернету и цифровым сельскохозяйственным технологиям.

На втором этапе мы используем прогнозируемое значение цифровизации *sdg9_users*, полученное на первом этапе. Это позволяет оценить влияние коэффициента β_1 , используя следующую модель:

$$sdg2_crlyld_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \widehat{sdg9_users}_{i,t} + \beta_2 sdg1_wpc_{i,t} + \beta_3 sdg3_lifec_{i,t} + \mu_i + \lambda_t + \epsilon''_{i,t}$$

Коэффициент β_1 отражает истинное причинно-следственное влияние цифровизации на урожайность зерна, свободное от эндогенных искажений.

Результаты

В этом разделе представлены результаты регрессионного анализа. Он оценивает причинно-следственное влияние цифровизации (sdg9_users) на урожайность зерновых (sdg2_crlyld) в странах Центральной Азии. Использован метод двухшагового метода наименьших квадратов (2SLS) с фиксированными эффектами.

1. Диагностика инструментальных переменных (первый этап)

Прежде чем интерпретировать окончательные коэффициенты, необходимо подтвердить

валидность и мощность инструментальной переменной (sdg7_elecac).

F-статистика первого этапа составила 12,395. Поскольку это значение превышает критический порог 10 (правило Стайгера и Стока) [6], мы отвергаем гипотезу о слабом инструменте [4]. Это подтверждает, что доступ к электричеству является сильным и значимым предиктором использования интернета. Наши окончательные оценки, полученные с помощью 2SLS, не подвержены влиянию слабого инструментального смещения.

2. Основные результаты регрессии (второй этап)

Основные результаты исследования представлены в таблице 1. В ней представлены оценки панельной регрессии 2SLS с фиксированными эффектами по странам и годам.

Таблица 1. Влияние цифровизации на урожайность зерновых (2SLS с FE)

Зависимая переменная: sdg2_crlyld (Урожайность зерновых, т/га)	Коэффициент (β)	Станд. ошибка	P-значение
sdg9_users (Цифровизация, прогн.)	0.0766	0.0253	0.003
sdg1_wpc (Бедность, % за \$2.15/день)	-0.0142	0.0049	0.005
sdg3_lifec (Ожид. продолж. жизни)	0.1837	0.0416	0.000
R ² (Within)	0.781		
F-статистика (First-Stage)	12.395		
Наблюдения	38		
Контроль	FE Страны, FE Года, Кластерные ошибки		

Примечание: $p < 0,001$, $p < 0,01$. Оценка выполнена с использованием панели 2SLS с фиксированными эффектами по стране и году; стандартные ошибки сгруппированы по странам.

3. Интерпретация ключевых эффектов

А. Причинно-следственная связь цифровизации

Главным результатом исследования является статистически значимая связь, указывающая на потенциальную причинно-следственную связь между цифровизацией и урожайностью.

Коэффициент прогнозируемого значения sdg9_users составил 0,0766 ($P < 0,01$). Это подтверждает следующую интерпретацию:

1. Каждый дополнительный процентный пункт (пп) населения, использующего интернет (как показатель цифровизации), оценивается как увеличение урожайности зерновых на 0,077 тонны с гектара (т/га) в соответствии

с идентификационными предположениями метода 2SLS.

2. Эта оценка, точнее оценок, полученных с помощью традиционного метода OLS, который может иметь смещение из-за эндогенности.

Результат подтверждает гипотезу о том, что цифровизация имеет решающее значение для повышения производительности в сельскохозяйственном секторе Центральной Азии. Она предоставляет фермерам доступ к метеорологическим данным, рыночной информации и передовым агрономическим знаниям.

В. Влияние социально-экономических факторов

Контрольные переменные показывают важность социально-экономического контекста для производительности сельского хозяйства.

Человеческий капитал (sdg3_lifec): Коэффициент 0,1837 ($P < 0,001$) имеет сильное по-

ложительное значение. Увеличение продолжительности жизни на один год приводит к увеличению урожайности сельскохозяйственных культур на 0,184 с гектара. Этот эффект показывает, что здоровое и образованное население с большей вероятностью будет внедрять инновации, внедрять новые технологии (в том числе цифровые) и эффективно управлять сельскохозяйственными процессами.

Бедность (sdg1_wpc): Коэффициент -0,0142 ($P < 0,01$) отрицателен и имеет значительную величину. Увеличение крайней бедности на один процентный пункт снижает урожайность сельскохозяйственных культур на 0,014 т/га. Бедность ограничивает доступ к капиталу, необходимым ресурсам (качественным семенам, удобрениям), а также цифровым устройствам и услугам. Это подрывает потенциальное влияние цифровой трансформации.

Модель обладает высокой объяснительной силой в пределах стран с течением времени ($R^2(\text{Within})=0,781$). Это означает, что включенные переменные, особенно после фиксированных эффектов, объясняют большую часть изменений урожайности сельскохозяйственных культур с течением времени.

Заключение

В этом исследовании оценивалось причинно-следственное влияние цифровизации (проникновения интернета) на урожайность зерновых в пяти странах Центральной Азии (2015-2023 гг.). Мы применили двухшаговый метод наименьших квадратов (2SLS) с фиксированными эффектами и использовали доступ к электроэнергии в качестве инструмента для учета эндогенности.

Библиографический список

1. Отчет об устойчивом развитии 2025 г. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sdgtransformationcenter.org/reports/sustainable-development-report-2025>.
2. The State of Food and Agriculture 2023: Unlocking the potential of agrifood systems. 2023 – 150 p.
3. Digital Transformations in Central Asia: Current State and New Perspectives Conference 16 October 2021, Bishkek, Kyrgyzstan Conference Rapporteur: Rustam Muhamedov. – 16 p.
4. Wooldridge, J.M. Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data (2nd ed.). – Cambridge, MA: MIT Press, 2010. – 741 p. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ipcid.org/evaluation/apoio/Wooldridge%20-%20Cross-section%20and%20Panel%20Data.pdf>.
5. Angrist J.D., Pischke J.-S. Mostly Harmless Econometrics: An Empiricist's Companion. Princeton University Press. – 2008. – 255 p.
6. Stock J.H., Yogo M. Testing for Weak Instruments in Linear IV Regression // Identification and Inference for Econometric Models. – 2005. – P. 80-108.

Основные выводы: *Причинно-следственная связь:* увеличение проникновения интернета на 1 процентный пункт приводит к увеличению урожайности зерновых на 0,077 т/га ($P < 0,01$).

Надежность: F-статистика первого этапа (12,395) подтверждает силу нашего инструмента и обоснованность нашей оценки.

Человеческий капитал: более высокая ожидаемая продолжительность жизни ($\beta = 0,184$) повышает производительность, в то время как бедность ($\beta = -0,014$) ограничивает ее.

Теоретический вклад: мы устраняем основной методологический пробел, предоставляя надежную идентификацию причинно-следственной связи для эффекта цифровизации, впервые в Центральной Азии.

Практический вклад: Инвестиции в цифровую инфраструктуру являются как социальными, так и стратегическими экономическими приоритетами для обеспечения продовольственной безопасности. Рекомендации по политике:

Инфраструктура: Отдайте приоритет электроснабжению и высокоскоростному интернету в сельской местности как прямым инвестициям в повышение урожайности.

Комплексные программы: Интегрируйте программы поддержки сельского хозяйства и цифровизации; сочетайте субсидии с обучением фермеров работе с цифровыми инструментами.

Сокращение бедности: устраните барьеры, связанные со стоимостью устройств и подписки, для беднейших домохозяйств, чтобы обеспечить доступ к цифровым инструментам повышения производительности.

A CONCEPTUAL MODEL OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE AGRARIAN SECTOR OF THE KYRGYZ REPUBLIC IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION

A.T. Mamyralieva, *Candidate of Economic Sciences, Associate Professor*
Jalal-Abad State University named after B. Osmonov
(Kyrgyzstan, Jalal-Abad)

Abstract. *This study assesses the causal impact of digitalization (internet penetration) on agricultural productivity (grain yield) in Central Asian countries. Most studies face endogeneity issues due to interactions and unobservable factors. We address this issue using a two-stage least squares (2SLS) econometric approach on panel data from five countries (Kazakhstan, Kyrgyzstan, Tajikistan, Turkmenistan, and Uzbekistan) for the period 2015-2023. To identify causal effects, we use access to electricity (sdg7_elecac) as an instrumental variable (IV). The results of the first stage confirm the effectiveness of the instrument ($F = 12.395$). The second stage shows that a one percentage point (pp) increase in internet penetration leads to a 0.077 t/ha increase in grain yields ($P < 0.01$). We also found that low poverty and high levels of human capital (measured by life expectancy) are key prerequisites for effective digital solutions. These results have implications for the development of targeted digitalization and food security policies in the region.*

Keywords: *digitalization, agriculture, instrumental variables (IVs), Central Asia, grain yields, food security, panel data.*