

УДК 330.117:338.43

JEL Classification: Q 160

DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202004066>

М.В. РУДЕНКО, кандидат економічних наук,
доцент, докторант

Економетричний аналіз впливу цифровізації економіки на розвиток аграрного виробництва

Мета статті - виявити вплив цифровізації економіки на розвиток аграрного виробництва шляхом проведення економетричного аналізу та довести гіпотезу про існування високої статистичної залежності між індикатором цифровізації економіки та показниками зростання аграрного виробництва.

Методика дослідження. Для досягнення мети та розв'язання поставлених завдань використано цілісний методичний інструментарій, зокрема: абстрактно-логічний метод (при вивченні теоретичних основ впливу цифровізації економіки на аграрне виробництво), монографічний (для уточнення сутності відповідних категорій), економіко-статистичний (при виявленні тенденцій та закономірностей розвитку економіки держави взагалі та аграрного сектору зокрема), графічний (для наочного виявлення динаміки основних показників, що використовуються в економетричній моделі), а також методи системного підходу, кореляційно-регресійного аналізу, групування та узагальнення, інші методи у сфері економічних досліджень.

Результати дослідження. Визначено ступінь розвитку національної економіки, індикатором якого обрано ВВП, тобто його динаміка протягом періоду дослідження. Проведено аналіз характеру залежності національного ВВП, експорту та інших основних макроекономічних показників товарного ринку від виробництва та експорту-імпорту продукції аграрного сектору. Виявлено характер залежності зміни національного ВВП, показників розвитку аграрного сектору від поступової цифровізації економіки, як індикатори розвитку цифровізації використано індекс розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (IDI). Окреслено залежності між урожайністю, продуктивністю праці, обсягом внесених мінеральних добрив і витратами підприємств на інновації. Доведено існування високої статистичної залежності між індикатором цифровізації економіки та показниками розвитку аграрного виробництва.

Елементи наукової новизни. Набули подальшого розвитку теоретичні положення щодо впливу цифровізації економіки на аграрне виробництво, які підтвердили наукову гіпотезу про існування певного закономірного зв'язку між розвитком економіки держави (ВВП), її експортним потенціалом, динамікою розвитку аграрного сектору економіки (виробництвом агропродукції) і цифровізацією виробничих та економічних процесів.

Практична значущість. Проведене економетричне дослідження дозволило виявити наявність статистично значущої залежності (високого коефіцієнта кореляції і статично значимої кореляційно-регресійної моделі) між індикатором цифровізації економіки (IDI) та результируючими показниками: продукція сільського господарства / ВВП (середні ковзні), % (GDPagr), сільськогосподарський експорт, % експорту (EXRagr), середня врожайність зернових культур (Yield). Обґрунтовано необхідність та доцільність урахування впливу цифровізації економіки при дослідженні проблем та перспектив зростання аграрного виробництва. Табл.: 7. Рис.: 9. Бібліогр.: 10.

Ключові слова: економетричний аналіз; цифровізація; економіка; аграрне виробництво; сільське господарство; валовий внутрішній продукт.

Руденко Микола Вікторович - кандидат економічних наук, доцент, докторант відділу організації менеджменту, публічного управління та адміністрування, Національний науковий центр «Інститут аграрної економіки» (м. Київ, вул. Героїв Оборони, 10)
E-mail: mykola_rudenko@ukr.net

Постановка проблеми. Майбутнє сільського господарства беззаперечно цифрове. В умовах поступової, а в окремих випадках галопуючої, цифровізації аграрного сектору економіки актуальним стає аналіз тенденцій зміни основних макроекономічних показників з метою виявлення суттєвих чинників

впливу та аналізу можливостей ефективного використання наявних ресурсів для активізації цифрового розвитку аграрного сектору. Отримані результати дозволять сформулювати та виявити певні залежності між основними макроекономічними показниками й результатами роботи аграрного сектору, а також

сприятимуть формуванню нових методичних підходів для прийняття виважених управлінських рішень на державному рівні, що надасть можливість повною мірою використовувати положення концепції розвитку цифрової економіки та суспільства в Україні [6].

Нове бачення розвитку сільського господарства в умовах цифровізації економік світу постійно перебуває в полі зору роботи Всесвітнього економічного форуму [9]. Для повнішого розуміння мети проведено дослідження інноваційного розвитку як процесу, що супроводжує цифровізацію, та як підсумковий результат здійснимо економетричне дослідження, що базується на попередній статистичній корекції змінних моделі та кореляційно-регресійному аналізі впливу цифровізації економіки на аграрне виробництво.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематику дослідження впливу сучасних технологій на функціонування та розвиток аграрних суб'єктів господарювання в умовах цифровізації аграрного виробництва вивчали: Ю. Волощук [1], І. Вороненко, В. Клочан [2], М. Кропивко [3], В. Ляшенко, О. Вишневський [5], В. Россоха [4], А. Соловйов та ін. Серед зарубіжних науковців слід виділити праці М. Бакко, П. Барсоччі, А. Волтера, А. Готта, М. Руджері, Е. Ферро, Р. Хьюбера [7, 10] та багатьох інших. Віддаючи належне відомим науковцям підкреслимо, що динамізм розвитку цифрових технологій та їх вплив на аграрне виробництво зумовлюють необхідність у поглибленні досліджень в окресленому напрямі.

Мета статті - виявити вплив цифровізації економіки на розвиток аграрного виробництва шляхом проведення економетричного аналізу та довести гіпотезу про існування високої статистичної залежності між індикатором цифровізації економіки та показниками зростання аграрного виробництва.

Виклад основних результатів дослідження. Науковою гіпотезою дослідження стало припущення про існування певного закономірного зв'язку між розвитком економіки держави (ВВП), її експортним потенціалом, динамікою розвитку аграрного сектору економіки (виробництвом агропродукції) та цифровізацією виробничих й економічних процесів. Наведене припущення сформульовано з метою пошуку можливої залежності між описаними вище складовими розвитку та вирішення окресленої проблеми методом

емпіричного дослідження. Авторська емпірична гіпотеза передбачає формулювання вихідного дослідницького запиту з уточненням: а) передбачених взаємозв'язків між змінними, якими будемо маніпулювати; б) опису показників, що залучатимуться у дослідження; в) самої процедури дослідження і матеріалів, які будуть використовуватися; г) способів вимірювання залежної змінної.

Для оцінки характеру та особливостей впливу цифровізації на функціонування економіки взагалі та розвитку аграрного сектору зокрема, застосовуються наступні методичні підходи: 1) визначення ступеня розвитку національної економіки передбачає використання спеціальних показників. Найважливішим показником виступає валовий внутрішній продукт (ВВП), тобто його динаміка протягом періоду дослідження; 2) виявлення характеру залежності національного ВВП, експорту та інших основних макроекономічних показників товарного ринку від виробництва та експорту-імпорту продукції аграрного сектору; 3) виявлення характеру залежності зміни національного ВВП, показників розвитку аграрного сектору від поступової цифровізації економіки, як індикатори розвитку цифровізації використовується індекс розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (IDI), оскільки це один із небагатьох індексів, що характеризують цифровізацію економіки (спирається на доступ, використання та необхідні навички застосування інформаційно-комунікаційних технологій) і показники якого в державі перебувають в динаміці починаючи з 2002 р.; 4) виявлення залежності між урожайністю, продуктивністю праці, обсягом внесених мінеральних добрив та витратами підприємств на інновації, як факторів майбутньої економетричної моделі.

Формулювання гіпотези дослідження пов'язано з перевіркою наявності статистичної залежності між рівнем цифровізації економіки та розвитком аграрного виробництва. Показники цифровізації економіки України та рівня інноваційності економіки мають характер динамічних рядів, де відповідні показники розраховують як відносні індекси, що обґрунтуємо та оберемо відповідні результуючі показники. На нашу думку, вони повинні відображати виявлені тенденції прискореного зростання частки аграрного виробництва в товарній структурі експорту та валовому внутрішньому продукті, тому доціль-

ніше використання нормованих індексів продукції сільського господарства та сільськогосподарського експорту стосовно, відповідно, ВВП та товарного експорту.

У загальному вигляді гіпотеза дослідження сформульована таким чином: *між індикатором цифровізації економіки та показниками розвитку аграрного виробництва існує висока статистична залежність.*

Для перевірки описаної вище статистичної гіпотези проведемо економетричний аналіз впливу факторів, у тому числі й індикатора цифровізації на результуючі показники, побудуємо економетричне рівняння лінійної множинної регресії.

Вибір змінних і періоду дослідження насамперед визначається сформульованою науковою гіпотезою та особливостями основних змінних, які будуть використані для перевірки. Змінні діляться на дві групи: 1) результуючі показники; 2) пояснюючі показники.

Далі узагальнимо дані щодо всіх показників, що виступають як результуючі. Задля забезпечення комплексності та всеохопюваності дослідження використаємо три результуючі показники, що характеризують основні тенденції аграрного виробництва з таких позицій: 1) індексів виробництва сільськогосподарської продукції порівняно з динамікою ВВП; 2) частки експорту сільськогосподарської продукції в товарному експорті України;

3) врожайності зернових (як ключового показника розвитку галузі рослинництва, котре є більшою (вагомішою) складовою частиною усього аграрного виробництва). Усі вказані показники відносні та нормовані, тобто вони мають певні фізичні обмеження (врожайність) або обмеження, що пов'язані з методикою розрахунків.

Перший показник базується на індексах продукції сільського господарства та індексах продукції підприємств сільського господарства. З урахування того, що динаміка індексів сільськогосподарської продукції та сільськогосподарського експорту є більш волатильнішою за динаміку ВВП, з метою згладжування даних часових рядів варто використовувати середні ковзні. Для більш належного обґрунтування попередніх висновків стосовно наявності середньострокових трендів, що характеризують динаміку відношення індексу продукції сільського господарства до індексу ВВП, використаємо як середні ковзні середні геометричні значення за п'ять років. Саме п'ять років виступають достатнім періодом для визначення середньострокових тенденцій, а середнє геометричне слугує базовим середнім показником при дослідженні саме часових рядів. Динаміка двох базових індексів, що характеризують динаміку та його середньої ковзної, представлена за роками (рис. 1 і 2).



Рис. 1. Індекси продукції сільськогосподарських підприємств (до попереднього року) в 1995-2018 рр., %

Джерело: Розраховано автором на основі даних Державної служби статистики України.



Рис. 2. Індекси продукції підприємств сільськогосподарських (до попереднього року) в 1995-2018 рр., %

Джерело: Розраховано автором на основі даних Державної служби статистики України.

На графіках чітко простежується, що використання середніх ковзних дозволяє значно знизити волатильність часових рядів, яка пов'язана з особливим характером сільськогосподарського виробництва (у кількісному вимірі) під впливом дії різних природних факторів і те, що згладжування дійсно відображає наявні тенденції розвитку відповідних показників. Разом із тим варто зауважити, що між двома показниками, які аналізуються, існує висока кореляційна залежність, а значить, висновки будуть майже однаковими. Тому як результуючий показник обрано лише перший з них - продукцію сільського господарства / ВВП (середні ковзні), %, який надалі буде позначено як GDPagro.

Другий результуючий показник, частка сільськогосподарського експорту в товарному експорті (EXPagro), базується на попередній вартісній оцінці товарного експорту та сільськогосподарського експорту. Природні фактори не виявляють такого значного впливу на вартісні показники експорту в іноземній валюті, оскільки несприятливі умови для сільськогосподарських культур призводять до зростання ціни на них внаслідок скорочення пропозиції та низької еластичності попиту. Таким чином, волатильність кількісних показників сама по собі згладжується

відповідними змінами цін та корекцією підсумкових вартісних показників. З урахуванням описаних вище положень статистичне згладжування показника EXPagro не проводиться.

Поряд із цим обидва результуючі показники, незважаючи на дещо різні методичні підходи щодо їхнього розрахунку, нормовані, відповідно, до індексів ВВП та товарного експорту.

Третім результуючим показником було обрано середню врожайність зернових культур, яка значно впливає на показники загального зростання аграрного виробництва через вплив на збільшення виробництва продукції рослинництва (індекс виробництва продукції рослинництва стало зростає починаючи з 2010 року, показники продукції тваринницької галузі мають від'ємні значення протягом усіх років незалежності нашої держави по відношенню до базового 1990 року). Саме тому середня врожайність зернових культур виступає результуючим показником, який описує загальні сучасні тенденції розвитку всього аграрного виробництва, дані щодо динаміки врожайності зернових у 1991-2018 рр. наведено на рис. 3.

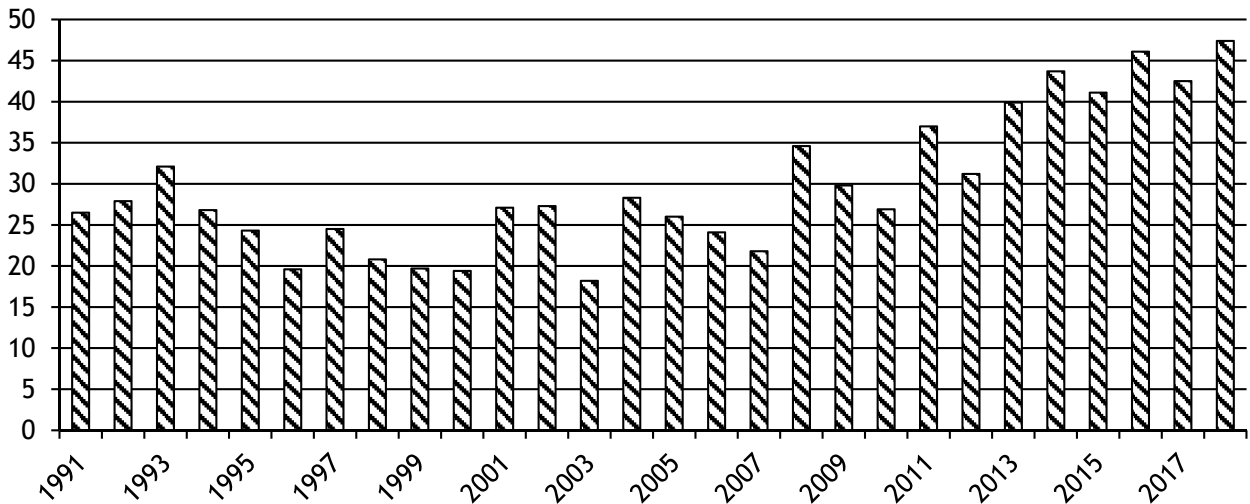


Рис. 3. Середня врожайність зернових культур (у масі після доробки) у 1991-2018 рр., ц/га

Джерело: Побудовано автором на основі даних Державної служби статистики України.

Середня врожайність зернових (Yield) коливається по роках і залежить від значної кількості факторів. На рис. 3 простежується стала тенденція до підвищення врожайності зернових починаючи з 2008 р., що відповідає зростанню частки сільськогосподарського експорту, яке відбувається саме за рахунок експорту продуктів рослинного походження. Результуючий показник (Yield) має фізичні обмеження, є відносним і нормативним, що відповідає вимогам дослідження.

Таким чином, як результуючі показники (Y-ів) для проведення подальшого дослідження обрано: 1) продукція сільського господарства / ВВП (середні ковзні), % (GDPagro); 2) сільськогосподарський експорт, % експорту

(EXPagro); 3) середня врожайність зернових культур (Yield).

Далі наведено опис групи пояснюючих змінних (факторів або X-ів), що включає кілька показників, які дозволяють оцінити внесок кожної з них до динаміки результуючих показників. Особливість вибору результуючих показників, а саме: їхнє нормування та наявність обмежень, вимагає попереднього коригування й факторів.

Фактори моделі об'єднані в три групи: 1) фактори цифровізації та інновацій; 2) фактори ресурсів; 3) фактори праці. Загальна структурно-логічна схема, що розкриває взаємозв'язок між групами пояснюючих змінних (факторів) та вплив на результуючі показники наведена на рис. 4.

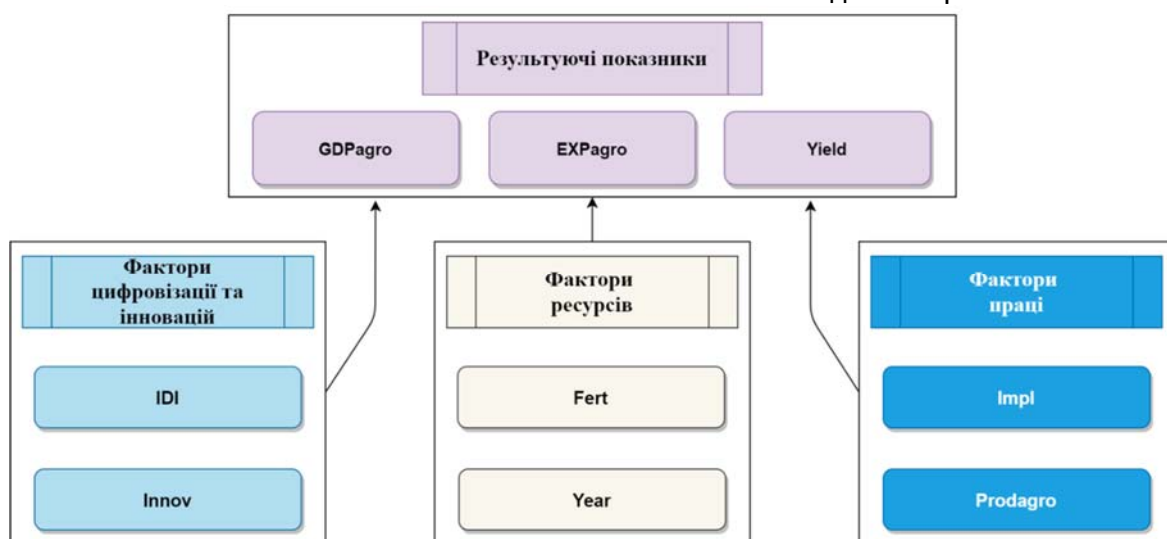


Рис. 4. Структурно-логічна схема взаємозв'язку між результуючими показниками та групами факторів економетричної моделі

Джерело: Побудовано автором.

Поглиблено проаналізуємо перший блок пояснюючих показників - фактори цифровізації та інновацій. Індикаторами цього блоку обрано індекс цифровізації (IDI) та витрати підприємств на інновації у відсотках до ВВП.

Дані щодо динаміки показників індексу цифровізації (IDI) в державі знаходимо на офіційному сайті ICT Development Index [8]. Далі розрахуємо витрати підприємств на інновації у відсотках до валового внутрішнього продукту (рис. 5).

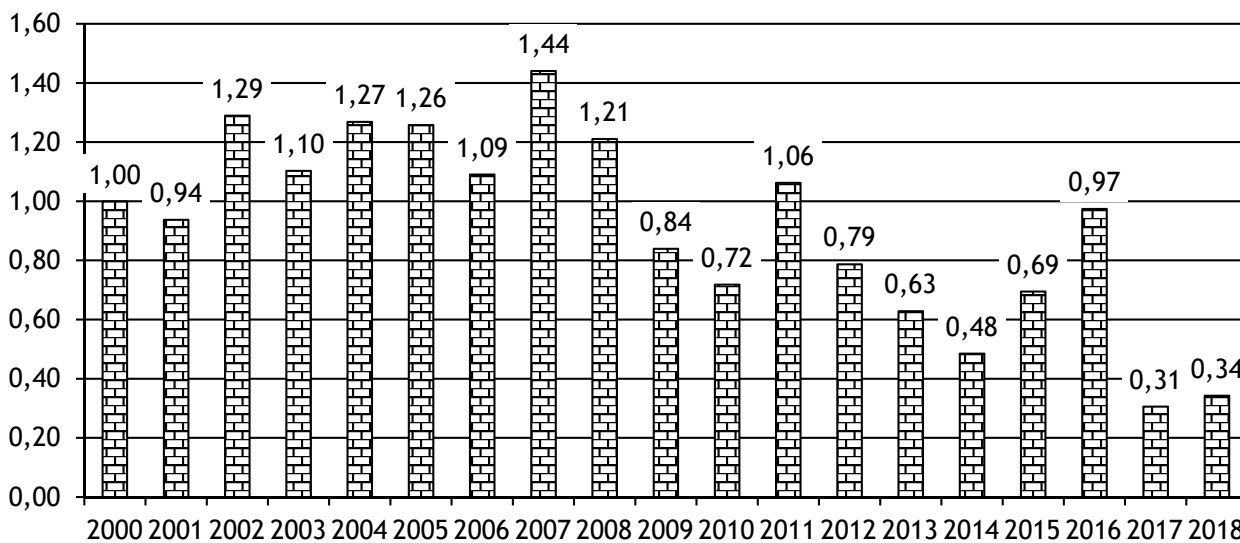


Рис. 5. Витрати підприємств на інновації в 2000-2018 рр., % ВВП

Джерело: Розраховано автором на основі даних Державної служби статистики України.

Проведені розрахунки дозволяють сформулювати перший блок пояснюючих показників - фактори цифровізації та інновацій, необхідних для побудови економетричної моделі. Наступними пояснюючими показниками виступає блок ресурсів, до складу якого входить обсяг внесених мінеральних добрив на одиницю площі сільськогосподарських угідь

(Fert) та роки (Year) - порядковий номер року в межах обраного періоду дослідження.

Першу складову факторів ресурсів - обсяг внесених мінеральних добрив на одиницю площі сільськогосподарських угідь, позначаємо Fert. Динаміку запропонованого показника за 2000-2018 рр. наведено на рис. 6.

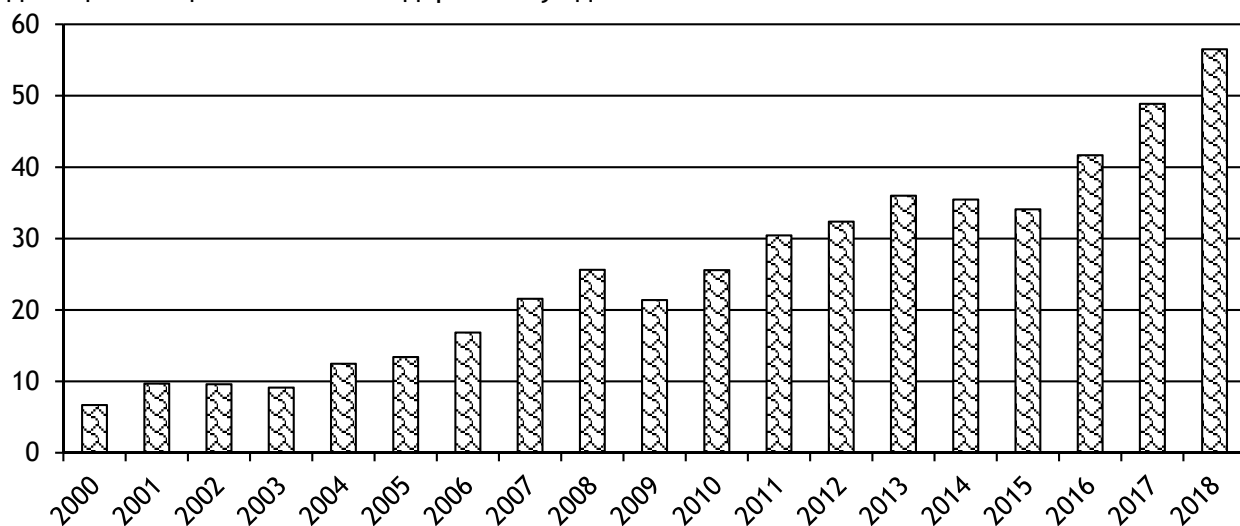


Рис. 6. Обсяг внесених мінеральних добрив на одиницю площі сільськогосподарських угідь в 2000-2018 рр., кг/га

Джерело: Побудовано автором на основі даних Державної служби статистики України.

Збільшення кількості внесених мінеральних добрив спостерігається протягом усього

періоду дослідження. На нашу думку, описана тенденція пов'язана з появою в XXI ст.

на ринку виробництва продукції рослинництва великих сільськогосподарських корпорацій (агрохолдингів) із відповідними фінансовими можливостями та пріоритетами у вирощуванні технічних культур, що призвело до суттєвого збільшення внесених мінеральних добрив, кг на 1 га.

Для визначення того, чи не простежувалася довгострокова тенденція, що якнайповніше пояснювала довгостроковий тренд, до моделі як фактор ресурсів також оберемо порядковий номер року в межах обраного періоду дослідження, який стане четвертим пояснюючим показником і позначимо його (Year).

Змінні, що характеризують останній блок пояснюючих показників - фактори праці: зайняті у сільському, лісовому та рибному господарстві, % до зайнятого населення (Impl) та продуктивність праці на одного зайнятого в сільськогосподарському виробництві, у постійних цінах 2010 р., % до попереднього року (Prodagro).

Перший пояснюючий показник (Impl) характеризує частку населення, зайнятого в сільському, лісовому та рибному господарстві відносно всього зайнятого населення (табл. 1).

1. Показники зайнятості населення у 2000-2018 рр., тис. осіб

Рік	Зайняте населення, всього	Сільське, лісове та рибне господарство	Зайняті у сільському, лісовому та рибному господарстві, % до зайнятого населення
2000	20175	4367	21,6
2001	19971,5	4148,1	20,8
2002	20091,2	4135,8	20,6
2003	20163,3	4105,7	20,4
2004	20295,7	3998,3	19,7
2005	20680	4005,5	19,4
2006	20730,4	3652,6	17,6
2007	20904,7	3484,5	16,7
2008	20972,3	3322,1	15,8
2009	20191,5	3152,2	15,6
2010	20266	3115,6	15,4
2011	20324,2	3410,3	16,8
2012	19261,4	3308,5	17,2
2013	19314,2	3389	17,5
2014	18073,3	3091,4	17,1
2015	16443,2	2870,6	17,5
2016	16276,9	2866,5	17,6
2017	16156,4	2860,7	17,7
2018	16360,9	2937,6	18,0

Джерело: Розраховано автором на основі даних Державної служби статистики України.

Для розрахунку останнього пояснюючого показника (Prodagro) необхідно визначити продуктивність праці на одного зайнятого в сільськогосподарському виробництві, у постійних цінах 2010 р., % до попереднього року.

Для цього скористуємося даними Державної служби статистики України щодо продуктивності праці одного зайнятого в сільськогосподарському виробництві, у постійних цінах 2010 р. (табл. 2).

2. Показники, що характеризують продуктивність сільського господарства у 1990-2018 рр., грн

Рік	На одного зайнятого в сільськогосподарському виробництві, у постійних цінах 2010 р.			До попереднього року, %		
	Сільгосп. вир-во	Рослинництво	Тваринництво	Сільгосп. вир-во	Рослинництво	Тваринництво
2000	27066,9	...	...	112,3	...	...
2001	34577,2	...	...	127,7	...	...
2002	40728,8	51315,0	23691,1	117,8	...	...
2003	38007,0	44266,3	27351,7	93,3	86,3	115,5
2004	63376,9	78074,1	36084,0	166,8	176,4	131,9

2005	72621,9	86198,1	47992,8	114,6	110,4	133,0
2006	83854,6	98033,7	58507,4	115,5	113,7	121,9
2007	88571,3	94905,2	75970,2	105,6	96,8	129,8
2008	127372,5	142513,5	92722,8	143,8	150,2	122,1
2009	131332,0	138741,7	113976,7	103,1	97,4	122,9
2010	132680,4	133603,0	130473,7	101,0	96,3	114,5
2011	165229,0	171142,8	148840,3	124,5	128,1	114,1
2012	159679,0	155543,8	171798,3	96,6	90,9	115,4
2013	201216,9	202220,5	198185,6	126,0	130,0	115,4
2014	227753,4	228884,7	224105,1	109,1	108,2	111,6
2015	223309,9	218768,0	237990,0	98,0	95,6	106,2
2016	275317,8	270863,2	292511,2	123,3	123,8	122,9
2017	271491,4	260793,7	315503,8	98,6	96,3	107,9
2018	313627,3	305314,5	348901,4	115,5	117,1	110,6

Джерело: Розраховано автором на основі даних Державної служби статистики України.

Вибір періоду дослідження, насамперед, визначається доступністю даних за всіма результуючими показниками та змінними з урахуванням поставленої гіпотези. Враховуючи те, що цифровізація економіки відносно новий процес, найменший діапазон часового

ряду даних характерний для обраного індикатора цифровізації IDI, що зумовлює вибір періоду дослідження з 2002-го по 2018 р. Агреговані дані щодо результуючих та пояснюючих показників дослідження наведено в табл. 3 і 4.

3. Динаміка результуючих показників (Y-ів) моделі в 2002-2018 рр.

Рік	GDPagro	EXPagro	Yield
2002	97,2	10,26	27,3
2003	94,8	7,92	18,2
2004	97,4	7,14	28,3
2005	96,2	8,79	26,0
2006	95,0	8,65	24,1
2007	93,0	8,51	21,8
2008	99,6	12,41	34,6
2009	101,2	18,71	29,8
2010	100,6	14,32	26,9
2011	104,3	14,42	37,0
2012	106,3	20,91	31,2
2013	106,1	21,27	39,9
2014	104,9	25,18	43,7
2015	107,2	31,72	41,1
2016	105,3	35,29	46,1
2017	105,3	34,51	42,5
2018	103,7	32,94	47,4

Джерело: Розраховано автором.

4. Динаміка пояснюючих показників (X-ів) моделі в 2002-2018 рр.

Рік (Year)	IDI	Innov	Impl	Prodagro	Fert
2002	2,50	1,29	20,6	117,8	9,6
2003	2,78	1,10	20,4	93,3	9,1
2004	3,12	1,27	19,7	166,8	12,5
2005	3,38	1,26	19,4	114,6	13,4
2006	3,62	1,09	17,6	115,5	16,8
2007	3,80	1,44	16,7	105,6	21,6
2008	3,83	1,21	15,8	143,8	25,6
2009	4,18	0,84	15,6	103,1	21,4
2010	4,23	0,72	15,4	101,0	25,6
2011	4,74	1,06	16,8	124,5	30,5
2012	4,97	0,79	17,2	96,6	32,4
2013	5,15	0,63	17,5	126,0	36,0

2014	5,19	0,48	17,1	109,1	35,5
2015	5,23	0,69	17,5	98,0	34,1
2016	5,31	0,97	17,6	123,3	41,7
2017	5,62	0,31	17,7	98,6	48,9
2018	5,65	0,34	18,0	115,5	56,5

Джерело: Розраховано автором.

Формулювання статистичної гіпотези та опис порядку її перевірки.

З урахуванням представлених вище положень статистичну гіпотезу, що відповідає зазначеній раніше гіпотезі дослідження в загальному вигляді, сформулюємо у такій спосіб: між індикаторами цифровізації економіки та показниками розвитку аграрного виробництва існує висока статистична залежність. Нульова гіпотеза позначається як H_0 та сформульована таким чином: відсутність статистично значимої залежності (високого коефіцієнта кореляції та статично значимої кореляційно-регресійної моделі) між індикатором цифровізації економіки (IDI) та результуючими показниками моделі (GDPagro, EXPagro, Yield).

Альтернативна гіпотеза виступає логічним запереченням нульової гіпотези, позначається як H_1 і сформульована як наявність статистично значущої залежності (високого коефіцієнта кореляції та статично значимої кореляційно-регресійної моделі) між індикатором цифровізації економіки (IDI) та результуючими показниками моделі (GDPagro, EXPagro, Yield).

Перевірка гіпотез здійснюється за результатами кореляційно-регресійного аналізу і включає наступні критерії, що систематизовані за ступенем їхньої сили: 1) наявність високої кореляційної залежності (значення коефіцієнтів парної кореляції більше за 0,7) між індикатором цифровізації IDI та результуючими показниками; 2) наявність дуже високої множинної кореляції вихідного рівняння регресії (не менше за 0,9) і високого значення коефіцієнта детермінації (не менше за 0,8);

3) побудова статистично значимого рівняння регресії після проведення перевірок попереднього на мультиколінеарність, гетероскедастичність та автокореляцію залишків, в якому змінною буде IDI.

З урахуванням зазначених вище критеріїв порядок перевірки статистичної гіпотези для кожного з трьох результуючих показників наступний: 1) на основі проведеного кореляційного аналізу між результуючим показником і факторами будується кореляційна матриця, розраховуються та аналізуються значення коефіцієнтів кореляції між результуючим показником та IDI; 2) на основі проведеного регресійного аналізу будується вихідне рівняння регресії пояснюючого показника, що включає всі шість факторів, розраховуються та аналізуються коефіцієнти множинної регресії та детермінації; 3) отримане рівняння регресії аналізується на наявність мультиколінеарності, у разі виявлення якої з моделі виключаються ті змінні, що мають нижчі коефіцієнти кореляції з результуючим показником; 4) будується рівняння лінійної або нелінійної однофакторної регресії відповідно до значення коефіцієнта детермінації, яке тестується на наявність гетероскедастичності, автокореляції залишків та статистичну значимість.

Проведемо кореляційно-регресійний аналіз першого результуючого показника GDPagro згідно з наведеним вище порядком перевірки статистичної гіпотези. Кореляційну матрицю, що характеризує коефіцієнти кореляції між результуючим показником (GDPagro) та всіма факторами, наведено в табл. 5.

5. Кореляційна матриця залежності між результуючим показником та факторами першої кореляційно-регресійної моделі

Показники	GDPagro	IDI	Innov	Impl	Prodagro	Fert	Year
GDPagro	1,000	0,866	-0,759	-0,353	-0,140	0,778	0,851
IDI	0,866	1,000	-0,817	-0,506	-0,237	0,948	0,987
Innov	-0,759	-0,817	1,000	0,292	0,381	-0,812	-0,833
Impl	-0,353	-0,506	0,292	1,000	0,148	-0,393	-0,458
Prodagro	-0,140	-0,237	0,381	0,148	1,000	-0,164	-0,239
Fert	0,778	0,948	-0,812	-0,393	-0,164	1,000	0,972
Year	0,851	0,987	-0,833	-0,458	-0,239	0,972	1,000

Джерело: Розраховано автором.

Аналіз коефіцієнтів кореляції між факторами і результуючим показником засвідчив,

що висока кореляційна залежність спостерігається для IDI (0,866), Innov (-0,759), Fert

(0,778) та Year (0,851), причому найвище за модулем значення притаманне саме індексу цифровізації економіки. Це означає, що виконується перший критерій ненульової гіпотези.

Для підтвердження цього також побудуємо кореляційне поле між показниками IDI та GDPagro (рис. 7).

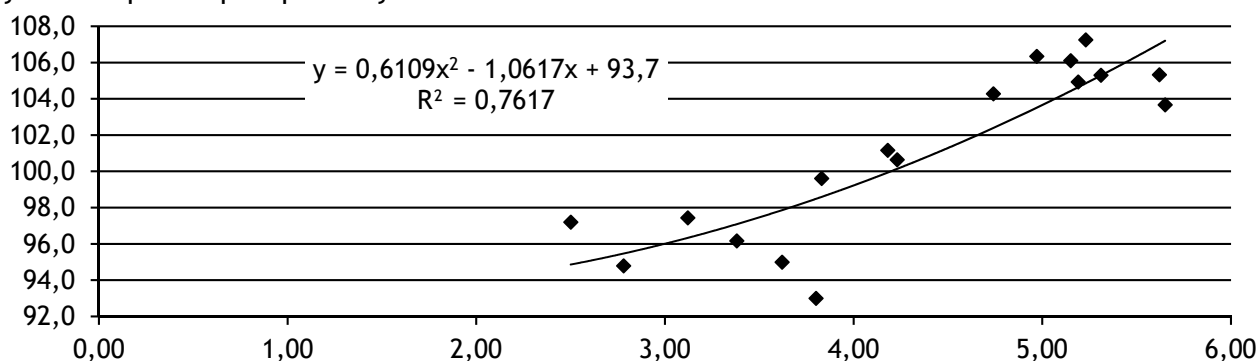


Рис. 7. Кореляційне поле «IDI-GDPagro»

Джерело: Побудовано автором.

Функція, яка найбільш повно описує парну кореляційну залежність між IDI і GDPagro – поліноміальна (у зазначеному випадку квадратична). Високе значення коефіцієнта детермінації дозволяє зробити висновок про наявність високої регресійної залежності між змінними. Крім цього, той факт, що представлена на графіку функція являє собою сегмент зростаючої параболи, дозволяє зробити

висновок про наявність у періоді, що досліджується, певного прискорення від цифровізації. Вказана теза частково відповідає третьому критерію, оскільки згадана регресійна модель статистично значима при аналізі ретроспективних даних.

Наступним кроком стане окремо побудоване рівняння множинної лінійної регресії для GDPagro від шести факторів. Воно має такий вигляд:

$$\text{GDPagro} = -1524 + 4,369\text{IDI} - 3,573\text{Innov} + 0,428\text{Impl} + 0,048\text{Prodagro} - 0,369\text{Fert} + 0,799\text{Year}. \quad (1)$$

Коефіцієнт множинної кореляції становить:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\text{se}^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2}} = \sqrt{1 - \frac{59,467}{353,88}} = 0,912,$$

коефіцієнт детермінації – 0,832.

Розраховані значення коефіцієнтів множинної кореляції та детермінації дозволяють зробити висновок, що вона найбільш повно описує ретроспективні часові ряди. Разом із тим дуже висока автокореляція факторів. Зокрема, значення коефіцієнта кореляції між IDI та Innov становить «-0,817», між IDI й Fert – «0,948»,

між IDI та Year «0,987». Усе це в сукупності дозволяє підтвердити ненульову гіпотезу за другим критерієм, але за третім вона підтверджується лише частково та потребує додаткових досліджень.

Далі проведемо кореляційно-регресійний аналіз другого результуючого показника EXPagro за абсолютно ідентичним порядком перевірки статистичної гіпотези. Представимо кореляційну матрицю, що характеризує коефіцієнти кореляції між результуючим показником (EXPagro) та всіма факторами (табл. 6).

6. Кореляційна матриця залежності між результуючим показником та факторами другої кореляційно-регресійної моделі

Показник	EXPagro	IDI	Innov	Impl	Prodagro	Fert	Year
EXPagro	1,000	0,889	-0,801	-0,246	-0,276	0,899	0,936
IDI	0,889	1,000	-0,817	-0,506	-0,237	0,948	0,987
Innov	-0,801	-0,817	1,000	0,292	0,381	-0,812	-0,833
Impl	-0,246	-0,506	0,292	1,000	0,148	-0,393	-0,458
Prodagro	-0,276	-0,237	0,381	0,148	1,000	-0,164	-0,239
Fert	0,899	0,948	-0,812	-0,393	-0,164	1,000	0,972
Year	0,936	0,987	-0,833	-0,458	-0,239	0,972	1,000

Джерело: Розраховано автором.

Аналіз коефіцієнтів кореляції між факторами і результуючим показником засвідчив,

що висока кореляційна залежність спостерігається для IDI (0,889), Innov (-0,801), Fert (0,899) та Year (0,936). Найвище за модулем

значення у показника Year, хоча Fert й IDI мають теж дуже високі значення, що означає виконання першого критерію ненульової гі-

потези. Для підтвердження цього представимо кореляційне поле між показниками IDI і EXPagro (рис. 8).

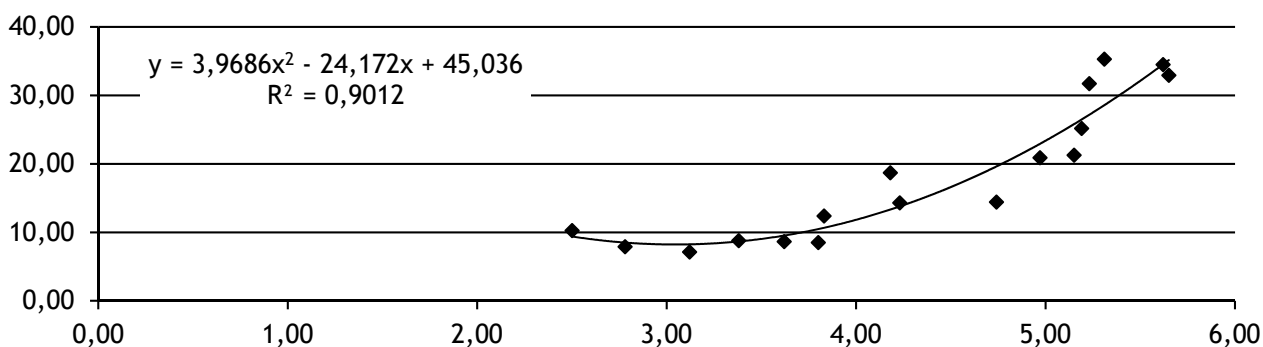


Рис. 8. Кореляційне поле «IDI-EXPagro»

Джерело: Побудовано автором.

Використаємо поліноміальну квадратичну функцію для опису парної кореляційної залежності між IDI та EXPagro. Високе значення коефіцієнта детермінації дозволяє зробити висновок про наявність високої регресійної залежності між змінними. Крім цього, той факт, що представлена на графіку функція являє собою сегмент зростаючої параболи дозволяє зробити висновок про наявність у

періоді, що досліджується, певного прискорення від цифровізації. Вказана теза частково відповідає третьому критерію, оскільки зазначена регресійна модель статистично значима при аналізі ретроспективних даних.

За аналогічним алгоритмом побудуємо рівняння множинної лінійної регресії для EXPagro від шести факторів. Воно матиме такий вигляд:

$$\text{EXPagro} = -11570 - 12,835\text{IDI} + 0,511\text{Innov} + 1,225\text{Impl} - 0,013\text{Prodagro} - 0,448\text{Fert} + 5,788\text{Year}. \quad (2)$$

Індекс множинної кореляції становить 0,981, коефіцієнт детермінації - 0,962.

Розраховані значення коефіцієнтів множинної кореляції та детермінації дозволяють зробити висновок, що вона найбільш повно описує ретроспективні часові ряди. У другій регресійній моделі дуже висока автокореляція факторів, а саме значення коефіцієнта кореляції між IDI й Innov становить «-0,817», між IDI і Fert - «0,948», між IDI та Year «0,987». Усе це в сукупності дозволяє вказати на підтвердження ненульової гіпотези

за другим критерієм, тоді як за третім вона підтверджується лише частково та потребує додаткових досліджень.

Проведемо кореляційно-регресійний аналіз останнього результуючого показника Yield за абсолютно ідентичним порядком перевірки статистичної гіпотези. Представимо кореляційну матрицю, що характеризує коефіцієнти кореляції між результуючим показником (Yield) та всіма факторами (табл. 7).

7. Кореляційна матриця залежності між результуючим показником та факторами третьої кореляційно-регресійної моделі

Показник	Yield	IDI	Innov	Impl	Prodagro	Fert	Year
Yield	1,000	0,861	-0,712	-0,256	0,090	0,885	0,890
IDI	0,861	1,000	-0,817	-0,506	-0,237	0,948	0,987
Innov	-0,712	-0,817	1,000	0,292	0,381	-0,812	-0,833
Impl	-0,256	-0,506	0,292	1,000	0,148	-0,393	-0,458
Prodagro	0,090	-0,237	0,381	0,148	1,000	-0,164	-0,239
Fert	0,885	0,948	-0,812	-0,393	-0,164	1,000	0,972
Year	0,890	0,987	-0,833	-0,458	-0,239	0,972	1,000

Джерело: Розраховано автором.

Аналіз коефіцієнтів кореляції між факторами і результуючим показником засвідчив високу кореляційну залежність для IDI (0,861), Innov (-0,712), Fert (0,885) та Year (0,890). Ви-

сокі значення показників підтверджують виконання першого критерію ненульової гіпотези. На підтвердження наведеної думки складаємо кореляційне поле між показниками IDI та Yield (рис. 9).

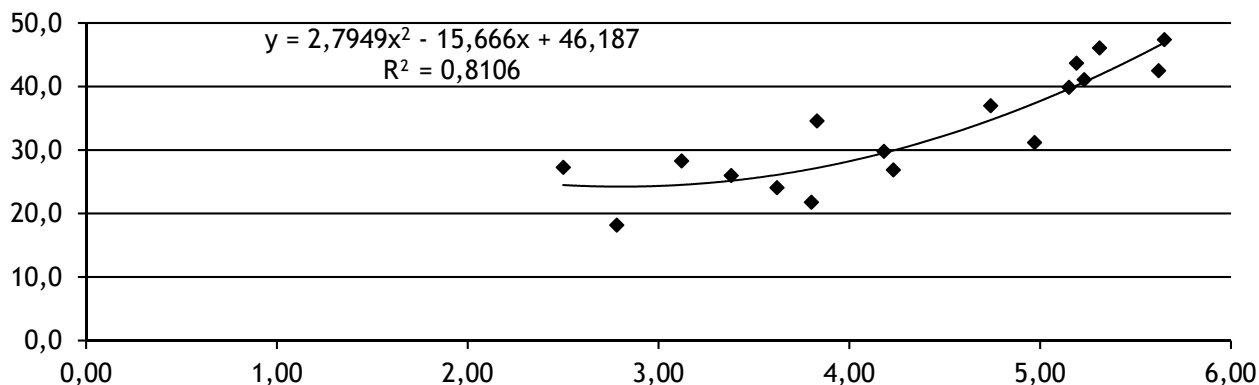


Рис. 9. Кореляційне поле «IDI-Yield»

Джерело: Складено автором.

За схожим підходом використаємо поліноміальну квадратичну функцію для опису парної кореляційної залежності між IDI та Yield. Високе значення коефіцієнта детермінації дозволяє зробити висновок про наявність високої регресійної залежності між змінними. Представлена на графіку функція являє собою сегмент зростаючої параболи, що підт-

$$\text{Yield} = -6456,619 - 4,588\text{IDI} - 1,569\text{Innov} + 0,894\text{Impl} + 0,167\text{Prodagro} - 0,209\text{Fert} + 3.225\text{Year}. \quad (3)$$

Індекс множинної кореляції становить 0,961, коефіцієнт детермінації - 0,923.

Розраховані значення коефіцієнтів множинної кореляції та детермінації дозволяють зробити висновок, що вона найбільш повно описує ретроспективні часові ряди. Як і в попередніх моделях, в останній регресійній моделі присутня дуже висока автокореляція факторів. Усе це в сукупності дозволяє вказати на підтвердження ненульової гіпотези за другим критерієм, тоді як за третім вона підтверджується лише частково та потребує додаткових досліджень.

Висновки. Проведене економетричне дослідження дозволило виявити наявність статистично значущої залежності (високого коефіцієнта кореляції й статично значимої кореляційно-регресійної моделі) між індикатором цифровізації економіки (IDI) та результатуючими показниками: продукція сільського

господарства / ВВП (середні ковзні), % (GDPagro), сільськогосподарський експорт, % експорту (EXPagro), середня врожайність зернових культур (Yield). Перевірка окреслених гіпотез здійснюється за результатами кореляційно-регресійного аналізу.

Рівняння множинної лінійної регресії для Yield від шести факторів має наступний вигляд:

господарства / ВВП (середні ковзні), % (GDPagro), сільськогосподарський експорт, % експорту (EXPagro), середня врожайність зернових культур (Yield). Перевірка окреслених гіпотез здійснюється за результатами кореляційно-регресійного аналізу.

Проведені розрахунки впливу цифровізації економіки на аграрне виробництво підтвердили наукову гіпотезу автора про існування певного закономірного зв'язку між розвитком економіки держави (ВВП), її експортним потенціалом, динамікою розвитку аграрного сектору економіки (виробництвом агропродукції) та цифровізацією виробничих й економічних процесів, що слугує відправною точкою для подальшого аналізу впливу цифровізації на аграрне виробництво та управління сільськогосподарськими підприємствами.

Список бібліографічних посилань

1. Волощук Ю. О. Напрями цифровізації аграрних підприємств. *Ефективна економіка*. 2019. № 2. URL : http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/2_2019/68.pdf (дата звернення 25.02.2020).
2. Клочан В. В. Система інформаційно-консультаційного забезпечення аграрної сфери. Миколаїв : МДАУ, 2012. 371 с.
3. Кропивко М. Ф. Стратегічні напрями реформування управління комплексним розвитком агропромислового виробництва і сільських територій. Київ : ННЦ ІАЕ, 2012. 82 с.
4. Лобас М. Г., Россоха В. В., Соколов Д. О. Управління інноваційно-технологічним розвитком агросфери : монографія. Київ : ННЦ ІАЕ, 2016. 416 с.

References

1. Voloshchuk, Yu.O. (2018). Napriamy tsyfrovizatsii ahrarynykh pidpriemstv [Areas of digitization of agrarian enterprises]. *Efektivna ekonomika*, 2. Retrieved from: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/2_2019/68.pdf [In Ukrainian].
2. Klochan, V.V. (2012). Systema informatsiino-konsultatsiinoho zabezpechennia ahrarynoi sfery [System of information and consulting support of agrarian sphere]. Mykolaiv: MSAU [In Ukrainian].

5. Ляшенко В. І., Вишневецький О. С. Цифрова модернізація економіки України як можливість проривного розвитку : монографія. Київ : НАН України, Інститут економіки промисловості, 2018. 252 с.

6. Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації : Розпорядження КМУ від 17 січня 2018 р. № 67-р. URL : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-%D1%80> (дата звернення: 25.02.2020).

7. Bacco M., Barsocchi P., Ferro E., Gotta A., Ruggeri M. The digitisation of agriculture: a survey of research activities on smart farming. *Array*. 2019. Vol. 3-4. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590005619300098>.

8. ICT Development Index (IDI) 2017 rank. URL : <https://www.itu.int/net4/ITU-D/idi/2017/index.html> (дата звернення: 25.02.2020).

9. New Vision for Agriculture. URL : <https://www.weforum.org/projects/new-vision-for-agriculture> (дата звернення: 25.02.2020).

10. Walter A., Finger R., Huber R., Buchmann N. Opinion: smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proc Natl Acad Sci*. 2017. Vol. 114(24). P. 6148-6150.

3. Кropyvko, M.F. (2012). Stratehichni napriamy reformuvannya upravlinnia kompleksnym rozvytkom ahropromyslovoho vyrobnytstva i silskykh terytorii [Strategic directions of reforming management of complex development of agro-industrial production and rural territories]. Kyiv: NNTs IAE [In Ukrainian].

4. Lobas, M.G., Rossokha, V.V., Sokolov, D.O. (2016). Upravlinnia innovatsiino-tekhnologichnym rozvytkom ahrosfery : monohrafiia [Management of innovation and technological development of the agrosphere: monograph]. Kyiv: NNTs IAE [In Ukrainian].

5. Liashenko, V.I., Vyshnevskiy, O.S. (2018). Tsyfrova modernizatsiia ekonomiky Ukrainy yak mozhyvist proryvnoho rozvytku: monohrafiia [Digital modernization of the Ukrainian economy as a breakthrough: monograph]. Kyiv: NAN Ukrainy, Instytut ekonomiky promyslovosti [In Ukrainian].

6. Pro skhvalennia Kontseptsii rozvytku tsyfrovoy ekonomiky ta suspilstva Ukrainy na 2018-2020 roky ta zatverdzhennia planu zakhodiv shchodo yii realizatsii: Rozporiadzhennia KМУ vid 17 sichnia 2018 r. № 67-r. [On approval of the Concept of development of the digital economy and society of Ukraine for 2018-2020 and approval of the plan of measures for its implementation: Order of CMU from 17.01.2018, No. 67-r]. Retrieved from: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-%D1%80> [In Ukrainian].

7. Bacco, M., Barsocchi, P., Ferro, E., Gotta, A., Ruggeri, M. (2019). The Digitisation of Agriculture: a Survey of Research Activities on Smart Farming. *Array*, 3-4. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590005619300098> [In English].

8. ICT Development Index (IDI) 2017 rank. (2017). Retrieved from: <https://www.itu.int/net4/ITU-D/idi/2017/index.html> [In English].

9. New Vision for Agriculture. Retrieved from: <https://www.weforum.org/projects/new-vision-for-agriculture> [In English].

10. Walter, A., Finger, R., Huber, R., Buchmann, N. (2017). Opinion: smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proc Natl Acad Sci.*, 114(24), pp. 6148-6150 [In English].

Rudenko M.V. Econometric analysis of the impact of economy digitalization on agricultural production development

The purpose of the article is to identify the impact of digitalization of the economy on the development of agricultural production by conducting econometric analysis and to hypothesize that there is a high statistical dependence between the indicator of digitalization of the economy and the indicators of agricultural production growth.

Research methods. A comprehensive methodological toolkit has been used to achieve the goal and solve the set tasks, in particular: abstract-logical method (in studying the theoretical basis of the impact of digitalization of the economy and agrarian production), monographic (to clarify the nature of the relevant categories), economic and statistical (in identifying trends and patterns of development of the economy of the state in general, and the agrarian sector in particular), graphic (to identify the dynamics of the main indicators used in the econometric model), systematic approach methods, correlation and regression analysis, clustering, and summarization and other methods in the field of economic research.

Research results. The level of the national economy development, whose indicator is selected by GDP, that is, its dynamics during the study period, has been determined. The character of the dependence of national GDP, exports and other principal macroeconomic indicators of the commodity market on production and export-import of agricultural products has been analyzed. The nature of the dependence of change of national GDP, indicators of development of agrarian sector on gradual digitalization of economy has been revealed; index of development of information and communication technologies (IDI) has been used as indicators of development of digitalization. The relations between productivity, labor productivity, the number of mineral fertilizers introduced and the costs of enterprises for innovation have been outlined. The existence of a high statistical dependence between the indicator of digitalization of the economy and indicators of the development of agricultural production has been proved.

Scientific novelty. Theoretical provisions on the impact of digitalization of the economy on agricultural production have been further developed, which have confirmed the scientific hypothesis about the existence of a certain regular link between the development of the state economy (GDP), its export potential, the dynamics of development of the agricultural sector of the economy (production of agro-production) processes.

Practical significance. The econometric study has revealed a statistically significant relationship (high correlation coefficient and statically significant correlation-regression model) between the Digitized Economy Indicator (IDI) and the output indicators: agricultural production / GDP (average GDP), % agricultural GDP, agricultural export, % of exports (EXPagro), average crop yield (Yield). The necessity and expediency of taking into account the influence of digitalization of the economy in the study of problems and prospects of agricultural production growth have been substantiated. *Tabl.: 7. Figs.: 9. Refs.: 10.*

Keywords: econometric analysis; digitalization; economy; agrarian production; agriculture; gross domestic product.

Rudenko Mykola Viktorovych - candidate of economic sciences, associate professor (docent), competitor for doctorate degree of the department of organization of management, public management and administration, National Scientific Centre "Institute of Agrarian Economics" (10, Heroiv Oborony St., Kyiv)
E-mail: mykola_rudenko@ukr.net

Цель статьи - выявить влияние цифровизации экономики на развитие аграрного производства путём проведения эконометрического анализа и доказать гипотезу о существовании высокой статистической зависимости между индикатором цифровизации экономики и показателями роста аграрного производства.

Методика исследования. Для достижения цели и решения поставленных задач использован целостный методический инструментарий, в частности: абстрактно-логический метод (при изучении теоретических основ влияния цифровизации экономики на аграрное производство), монографический (для уточнения сущности соответствующих категорий), экономико-статистический (при выявлении тенденций и закономерностей развития экономики государства вообще и аграрного сектора в частности), графический (для наглядного выявления динамики основных показателей, используемых в эконометрической модели), а также методы системного подхода, корреляционно-регрессионного анализа, группировки и обобщения и другие методы в сфере экономических исследований.

Результаты исследования. Определена степень развития национальной экономики, индикатором которой избран ВВП, то есть его динамика в течение периода исследования. Проведен анализ характера зависимости национального ВВП, экспорта и других основных макроэкономических показателей товарного рынка от производства и экспорта-импорта продукции аграрного сектора. Выявлен характер зависимости изменения национального ВВП, показателей развития аграрного сектора от постепенной цифровизации экономики, в качестве индикаторов развития цифровизации использован индекс развития информационно-коммуникационных технологий (IDI). Определены зависимости между урожайностью, производительностью труда, объемом внесенных минеральных удобрений и расходами предприятий на инновации. Доказано существование высокой статистической зависимости между индикатором цифровизации экономики и показателями развития аграрного производства.

Элементы научной новизны. Получили дальнейшее развитие теоретические положения о влиянии цифровизации экономики на аграрное производство, которые подтвердили научную гипотезу о существовании определенной закономерной связи между развитием экономики страны (ВВП), ее экспортным потенциалом, динамикой развития аграрного сектора экономики (производством агропродукции) и цифровизацией производственных и экономических процессов.

Практическая значимость. Проведенное эконометрическое исследование позволило выявить наличие статистически значимой зависимости (высокого коэффициента корреляции и статически значимой корреляционно-регрессионной модели) между индикатором цифровизации экономики (IDI) и результирующими показателями продукции сельского хозяйства / ВВП (средние скользящие), % (GDPagro), сельскохозяйственный экспорт, % экспорта (EXRagro), средняя урожайность зерновых культур (Yield). Обоснована необходимость и целесообразность учета влияния цифровизации экономики при исследовании проблем и перспектив роста аграрного производства. Табл.: 7. Илл.: 9. Библиогр. : 10.

Ключевые слова: эконометрический анализ; цифровизация; экономика; аграрное производство; сельское хозяйство; валовой внутренний продукт.

Руденко Николай Викторович - кандидат экономических наук, доцент, докторант отдела организации менеджмента, публичного управления и администрирования, Национальный научный центр «Институт аграрной экономики» (г. Киев, ул. Героев Обороны, 10)
E-mail: mykola_rudenko@ukr.net

Стаття надійшла до редакції 10.03.2020 р.

Фахове рецензування: 20.03.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Руденко М. В. Економетричний аналіз впливу цифровізації економіки на розвиток аграрного виробництва. *Економіка АПК*. 2020. № 4. С. 66 – 79. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202004066>

Rudenko, M. V. (2020). Ekonometrychnyi analiz vplyvu tsyfrovizatsii ekonomiky na rozvytok aharnoho vyrobnytstva [Econometric analysis of the impact of economy digitalization on agricultural production development]. *Ekonomika APK*, 4, pp. 66 – 79 [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202004066>

*