

<https://doi.org/10.5281/zenodo.11083317>

Коваленко Н. В.

*д.е.н. професор кафедри менеджменту
Національного транспортного університету
<https://orcid.org/0000-0001-8011-1373>*

Юрченко О. А.

*кандидат економічних наук, доцент
доцент кафедри міжнародної економіки
Київського столичного університету імені Бориса Грінченка
<https://orcid.org/0000-0002-8447-6510>*

Пауліна Т. К.

*к.е.н., проректор з міжнародної співпраці,
ВШТІП Академія Прикладних Наук
м. Познань, Республіка Польща
<https://orcid.org/0000-0001-6730-1236>*

ЦИФРОВІЗАЦІЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ: ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНСТРУМЕНТИ

**JEL Classification: D41, C52, G14
SECTION "ECONOMICS": Економіка**

Анотація. Актуальність дослідження полягає в тому, що вирішення проблем аграрного сектору щодо зміни клімату, браку працівників, деградації довкілля, демографічної кризи тощо можливе через цифровізацію. Метою статті є обґрунтування науково-методичних положень та розробка практичних рекомендацій щодо використання цифрових технологій та інструментів для забезпечення ефективності бізнес-процесів аграрних підприємств і сталості та конкурентоспроможності аграрного сектора економіки. Використано сучасні методи наукових досліджень, зокрема: абстрактно-логічні, статистичного спостереження, метод групування та порівняння, таблично-графічний.

Досліджено загальний обсяг продажів сільськогосподарських пестицидів у країнах ЄС та Україні протягом 2018-2022 рр. і визначено щорічний обсяг продажів близько 340-360 тис. тонн, наразі застосування цифрових рішень створює можливості для дозованого та контрольованого використання пестицидів і внесення добрив в ґрунт.

Представлено можливі цифрові інструменти та сфери їх застосування в аграрному виробництві такі, як: телеметрія; контрольований трафік; монітори врожайності; карти врожайності; технологія змінної норми; датчики культури; акселерометри; автоматичне наведення GPS/GNSS; технології розподіленої книги; автоматизоване виявлення тепла; віртуальне фехтування; відстеження худоби; карти ґрунтів; інструменти цифрового управління пасовищами; зображення з супутника/дрона; прецизійні ваги; доїльний робот.

Ключові слова: цифрова трансформація, цифровізація, аграрні підприємства, цифрові технології, цифрові інструменти, бізнес-процеси.

Annotation. The relevance of the study is that solving the problems of the agricultural sector regarding climate change and its impact on this process, lack of workers, environmental degradation, demographic crisis and changes in consumer preferences is possible through

digitalization, which has the potential to ensure the efficiency, sustainability and competitiveness of the agricultural sector of the economy . The purpose of the article is to substantiate scientific and methodological provisions and develop practical recommendations for the use of digital technologies and tools to ensure the efficiency of business processes of agrarian enterprises and the sustainability and competitiveness of the agrarian sector of the economy. Modern methods of scientific research are used, in particular: abstract-logical and calculation-constructive methods, statistical observation, grouping and comparison methods, tabular-graphic methods.

The total volume of sales of agricultural pesticides in the EU countries and Ukraine during 2018-2022 was studied and the annual / volume of sales was determined to be about 340-360 thousand tons. Currently, the use of pesticides contributes to increasing yields, but has a detrimental effect on the environment and the health of the population. The application of digital solutions and technologies of "smart" or "precision agriculture" creates opportunities for dosed and controlled use of pesticides and fertilizers in the soil. Possible digital tools and areas of their application in agricultural production are presented, such as: telemetry (precision equipment); controlled traffic (fine-tuning of input); yield monitors (data collection); yield maps (decision support tool); variable rate technology (VRT); accelerometers (data collection); culture sensors (data collection); automatic guidance/GPS/GNSS (precision equipment); distributed ledger technologies (decision support tool); automated heat detection (data collection); virtual fencing (data collection); livestock tracking (decision support tool); soil maps (decision support tool); digital pasture management tools (data collection, precision equipment); satellite/drone images (data collection); precision scales (data collection); milking robot (precision equipment).

Keywords: digital transformation, digitalization, agricultural enterprises, digital technologies, digital tools, business processes.

Вступ

Сільське господарство в країнах ЄС та й Україні стикається зі зростаючим тиском внаслідок зміни клімату, браку робочої сили, деградації екосистеми, демографічних змін та зміни переваг та уподобань споживачів, отже аграрному сектору економіки слід адаптуватися до зростаючих викликів щодо зміни клімату та загальної деградації навколишнього середовища, нестачі сільськогосподарських працівників, зростання населення та змін в харчуванні.

У повідомленні Європейської комісії «Цифровий компас: європейський шлях до цифрового десятиліття» в березні 2021 року зазначено, що використання цифрових технологій сприятиме досягненню цілей Європейської зеленої угоди щодо переходу до кліматично нейтральної, циркулярної та більш стійкої економіки.

Цифровізація має потенціал для вирішення цих проблем і забезпечення ефективності, сталості та конкурентоспроможності аграрного сектора економіки. Нині аграрним підприємствам пропонується безліч цифрових рішень для управління рослинництвом і тваринництвом. Впровадженню цифрових технологій сприяє ряд факторів: збільшення обчислювальної потужності, швидший доступ до Інтернету та розширене підключення, зниження вартості технологій і зростання обсягу великих даних у поєднанні з розширеною аналітикою.

Найбільша перевага цифровізації в сільському господарстві вбачається в потенційному підвищенні стійкості та продуктивності, а також економії робочого часу та скорочення використання некваліфікованої праці. Як наслідок, це призводить до зменшення використання добрив, пестицидів та енергії, а також до покращення добробуту тварин.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання цифрової трансформації бізнес-процесів аграрних підприємств привертає увагу багатьох науковців. Так, Хассун А., Джагтап С., Гарсія-Гарсія Г., Тролман Х., Патеyro М., Лоренцо М., Гобахлу М. вважають, що цифровізація та автоматизація сільського господарства сприяють підвищенню продуктивності діяльності та більш ефективному використанню ресурсів, що забезпечує сталість та конкурентоспроможність агропідприємств [4,5].

Авторами джерела [1] Аментас, Т. К., і Гебрезенбет, Г. визначена роль певних технологій цифровізації, а саме блокчейну, Інтернету речей, аналітики великих даних та ШІ, у цифровізації харчової системи. На думку Холдингхаузен Х., цифровізація сільського господарства є найбільш вигідною для великих аграрних підприємств, адже потребує значних інвестицій в технології. Він указує на можливі ризики цифрової трансформації [6]. У дослідженні Дж. Макфадден, Ф.а Казаліні, Т. Гріффіна та Х. Антоні розкрито можливості цифровізації як потенціалу для вирішення проблем продуктивності, стійкості та стійкості, з якими стикається сільське господарство [7]

Мета дослідження: обґрунтування науково-методичних положень та розробка практичних рекомендацій щодо використання цифрових технологій та інструментів для забезпечення ефективності бізнес-процесів аграрних підприємств і сталості та конкурентоспроможності аграрного сектора економіки.

Матеріали і методи дослідження. Автором було використано сучасні методи наукових досліджень, зокрема: абстрактно-логічні та розрахунково-конструктивні методи, статистичного спостереження, метод групування та порівняння, таблично-графічний.

Результати

Аграрне виробництво стикається з серйозними проблемами. З одного боку, йому все ще доводиться боротися з хворобами рослин, комахами-шкідниками та конкуруючими травами. А з іншого боку, велике споживання пестицидів згубно впливає на довкілля та здоров'я населення. Однак, завдяки технологічному розвитку та цифровізації можливе значне підвищення ефективності використання ресурсів а, отже, екологічно чисте сільське господарство.

У таблиці 1 представлено рейтинг загального обсягу продажів сільськогосподарських пестицидів у країнах ЄС та Україні протягом 2018-2022 рр. у порядку спадання.

Таблиця 1

Рейтинг обсягу продажів сільськогосподарських пестицидів у країнах ЄС та Україні в 2018-2022 рр.(тонн)

Країни	Рік					Темп зміни 2022 до 2018 рр., %
	2018	2019	2020	2021	2022	
Іспанія	71987,3	61343,2	75190,4	66471,9	76173,6	5,8
Франція	70458,9	83983,1	54303,7	64743,3	69444,3	-1,4
Італія	56451,0	54038,5	48405,3	56372,6	50177,3	-11,1
Німеччина	48307,2	44960,9	45181,2	47974,0	48712,5	0,8
Польща	25073,6	23156,6	24253,2	24616,4	26412,7	5,3
Україна	38557,5	25343,0	24325,0	24622,0	21345,0	-44,6
Португалія	8103,2	8057,3	9865,8	9706,3	9583,2	18,3
Нідерланди	10549,9	9366,1	9199,8	9866,9	9346,7	-11,4
Румунія	11548,2	11107,6	9046,7	8700,1	8369,2	-27,5
Угорщина	9754,2	8535,1	7815,0	8679,1	8590,3	-11,9
Австрія	4624,9	5279,5	4954,5	5566,0	5790,6	25,2
Бельгія	6489,1	6635,2	6126,5	5392,0	5555,5	-14,4
Чехія	5248,4	5178,1	5052,8	4359,8	4479,8	-14,6
Греція	4523,3	4860,5	4867,5	4901,4	4711,8	4,2
Болгарія	3383,0	5044,1	6660,0	4216,0	4436,9	31,2
Фінляндія	4365,9	4901,6	4034,2	4916,9	4099,8	-6,1
Ірландія	2942,0	2651,4	2971,8	2909,8	3090,9	5,1
Данія	2706,1	2646,1	2660,9	3167,5	2974,5	9,9

Литва	2993,5	2048,6	2317,6	2558,8	2588,0	-13,5
Словацька республіка	2206,7	2490,2	2352,2	2331,0	2201,5	-0,2
Швеція	2059,8	1870,7	1800,9	2047,5	2137,9	3,8
Латвія	1478,4	1587,0	1650,6	1900,4	1984,4	34,2
Хорватія	1577,4	1697,7	1563,8	1655,1	1469,7	-6,8
Кіпр	1082,4	1183,6	1230,8	1190,6	1104,0	2,0
Словенія	1087,0	1171,3	973,2	963,8	907,2	-16,5
Естонія	700,1	636,1	745,2	632,6	877,5	25,3
Мальта	107,5	90,0	75,6	95,8	70,8	-34,1
Люксембург	68,7	63,0	56,8	64,1	47,9	-30,3

Джерело: побудовано автором на основі [8]

Протягом 2018-2022 рр. обсяг продажів пестицидів у країнах ЄС взагалі складав близько 340-360 тис. тонн [8]. У 2022 р. найбільшими виробниками пестицидів стали Іспанія – 76173,6 т, Франція – 69444,3 т, Італія – 50177,3 т та Німеччина – 48712,5 т, на них припадає більш, ніж дві третини загального обсягу продажів пестицидів в ЄС. На обсяги продажів має вплив структура економіки, рівень розвитку аграрного виробництва, частка продукції сектору у ВВП, площа угідь, кліматичні умови, прибутковість господарств і види культур тощо [2] (див.табл.1). За рейтингом ТОП-21 найбільшими виробниками хімічних засобів захисту рослин стали такі: китайська компанія Syngenta, німецькі – Bayer CropScience, BASF і американська Corteva, на які припало більше половини – 54,71% від загального обсягу продажів у 2021 р. [3].

Чи зацікавлені виробники хімічної продукції в тому, щоб скоротити обсяг виробництва та втратити частину прибутків? Чи вигідно аграріям повністю перейти на технології органічного землеробства, внаслідок чого зменшиться урожайність, а отже, прибутковість бізнесу? Однак вирішення проблеми можливе. Так, застосування цифрових рішень та технологій «розумного» або «точного землеробства» створює можливості для дозованого та контрольованого використання пестицидів і внесення добрив в ґрунт дають цифрові. Нині «точне землеробство» розвивається в багатьох аграрних компаніях і сприяє екологізації цього сектору економіки. На основі використання даних GPS можна покращити маршрути тракторів і збиральних машин або використання добрив; безпілотні літальні апарати дають можливості для передбачення нашествия шкідників.

Згідно з опитуванням, 82% аграрних підприємств у Німеччині застосовують цифрові технології в аграрному виробництві. Так, 45% опитаних фермерів використовують сільськогосподарську техніку з GPS-контролем, а 40% працюють із сільськогосподарськими додатками для смартфонів або планшетів. 32% використовують IT-рішення для внесення засобів захисту рослин або добрив на свої поля.

Наразі використання камер GPS допомагає контролювати дози пестицидів. GPS визначає, де на полі знаходяться бур'яни, після чого з'єднаний польовий обприскувач відкриває лише в тому місці свої форсунки. Самохідні польові роботи використовують GPS для виявлення та спеціального видалення бур'янів. Також дрони можна запрограмувати на виявлення бур'янів або хворих чи уражених шкідниками рослини з висоти пташиного польоту [6].

Уже у 2020 році американські стартапи з продовольчого та сільськогосподарського секторів залучили 31 млрд. дол. венчурного капіталу від великих інвестиційних компаній – це у вісім разів більше, ніж у 2012 році. У тому ж році 2,4 мільярда євро надійшли в європейські технологічні компанії. Мета цих проєктів – збільшити доходи аграрних підприємств та захистити клімат і біорізноманіття, допомагаючи зменшити використання пестицидів та хімічних добрив [6].

Отже, цифровізація означає впровадження ІКТ (інформаційно-комунікаційних технологій), включаючи Інтернет, мобільні технології та пристрої, а також аналітику даних, що використовується

для покращення створення, збору, обміну, агрегації, комбінування, аналізу, доступу, пошуку та представлення цифрових даних. контенту, в тому числі для розробки сервісів і додатків. Однак, є конкретні програми для сільськогосподарського сектора.

На рисунку 1 представлено можливі цифрові інструменти та сфери їх застосування в аграрному виробництві.

Телеметрія (точне обладнання). Використання телеметричних систем полягає у впровадженні інформаційної системи для надання даних про параметри зрошення протягом року, враховуючи також інші метеорологічні параметри.

Контрольований трафік (точне налаштування введення). Контрольоване землеробство – це система, яка обмежує всі навантаження техніки на найменшій можливій площі постійних смуг руху. Використовується для скорочення важких або багаторазових проходів сільськогосподарської техніки по землі.

Монітори врожайності (збір даних). На зернозбиральних комбайнах і бавовнозбиральних машинах встановлено датчики, які в режимі реального часу вимірюють кількість зерна, що проходить через комбайн під час збирання врожаю.

Технологія змінної норми (VRT) дозволяє вносити насіння, добрива, хімікати, вапно, гіпс, воду для поливу та інші ресурси у різних нормах по всьому полю без ручного налаштування обладнання.

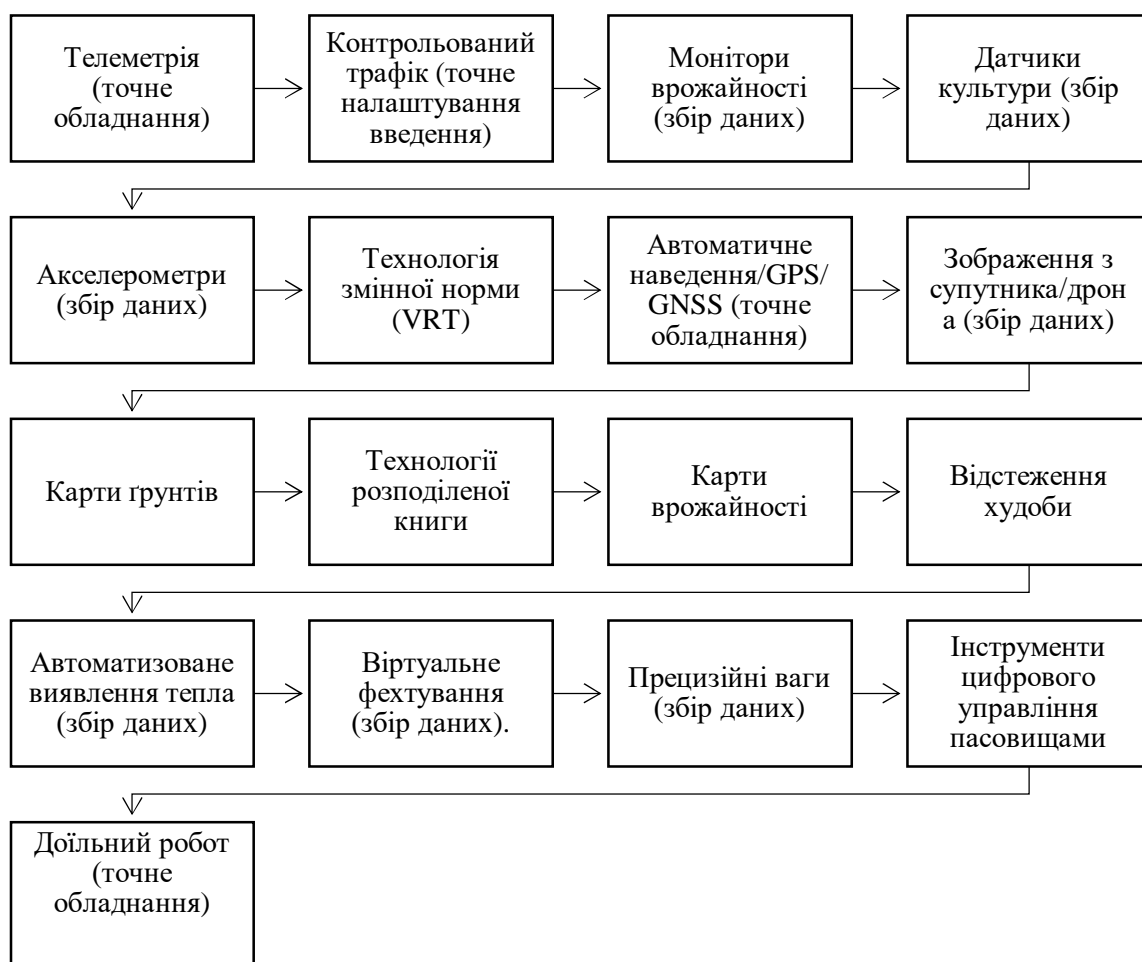


Рис. 1. Сучасні цифрові інструменти та технології аграрних підприємств

Джерело: побудовано автором на основі [7]

Карти врожайності (інструмент підтримки прийняття рішень). Візуалізація врожайності сільськогосподарських культур із геоприв'язкою та безперервної мінливості врожайності в просторі (на полях) здійснюється за допомогою даних датчиків та інших інструментів, пов'язаних із геопросторовими координатами.

Датчики культури (збір даних). Датчики культур допомагають фермерам покращити умови посівів, вимірюючи водний потенціал рослин, якість врожаю, стадію розвитку (стиглість), рівень поживних речовин, зараження шкідниками та хворобами, а також різні морфологічні фактори, такі як біомаса, площа листя та розподіл рослин і органів.

Акселерометри (збір даних). На найширшому рівні акселерометри – це електромагнітні пристрої, які вимірюють прискорювальні сили. У поєднанні з цифровими системами акселерометри генерують дані, які обробляються алгоритмами для інтерпретації руху худоби, що сигналізує про моделі поведінки.

Автоматичне наведення/GPS/GNSS (точне обладнання). Існують різні рівні автоматизації для керування сільськогосподарським транспортним засобом. Відносно недорогі навігаційні засоби, відомі як пристрої візуального паралельного відстеження для ручного керування або, частіше, світлові смуги, використовуються операторами для візуалізації свого положення щодо попередніх проходів і визначення необхідності внесення коригувань керування, якщо виміряне географічне положення відхиляється з потрібної доріжки.

Технології розподіленої книги (інструмент підтримки прийняття рішень). Ці технології є цифровими книгами (базовими технологіями запису транзакцій, які мають центральне значення для комерції), якими користуються декілька організацій, що працюють у розподіленій мережі. Вони є частиною більшої архітектури, яка може гарантувати, що записана інформація відображає реальність (наприклад, стан фізичного товару). Серед найпоширеніших прикладів цих інструментів — технології блокчейн (списки записів, тобто блоків, пов'язаних разом за допомогою криптографії), які лежать в основі криптовалют.

Автоматизоване виявлення тепла (збір даних). Виявлення тепла є ключовим фактором репродуктивної продуктивності молочного стада.

Віртуальне фехтування (збір даних). Цифрові системи огорожі замінюють традиційний фізичний бар'єр акустичним стимулом. У безпосередній близькості від віртуальної огорожі тварина отримує звуковий сигнал про припинення наближення; якщо цю звукову підказку проігнорувати, тварина отримує електричний удар. Система включає розмежування території випасу (фермером), нашийники з GPS-трекерами для худоби та пристрій, що живиться від акумулятора, який розряджає.

Відстеження худоби (інструмент підтримки прийняття рішень). Худоба, що випасається, географічно відстежується за допомогою таких технологій, як бездротові нашийники з підтримкою GNSS та інші датчики. Теги з радіочастотною технологією (RFID) використовуються в молочних і відгодівельних комплексах для відстеження споживання окремою твариною корму або виробництва продуктів, наприклад молока

Карти ґрунтів (інструмент підтримки прийняття рішень). Цифрове картографування ґрунтів (DSM, також відоме як прогнозне картографування) спрямоване на створення кількісних баз даних і карт ґрунтів із географічним прив'язуванням у різних масштабах.

Інструменти цифрового управління пасовищами (збір даних, точне обладнання). Точне управління пасовищами — це сукупність різних інструментів, хоча вони зазвичай включають датчики тиску, вимірювальні пластини та зонди, останні зазвичай використовуються для вимірювання температури та інших атрибутів здоров'я тварин.

Зображення з супутника/дрона (збір даних). Зображення дистанційного зондування із супутників, антен і малих безпілотних літальних систем (БПЛА або дронів) є доступними в різних розподільних здатностях і довжині хвиль.

Прецизійні ваги (збір даних). Ваги століттями використовувалися для визначення ваги худоби, вирощуваної на м'ясо. Нещодавно автоматизовані платформні ваги використовувалися для бройлерних та індичатих отар, з можливістю встановлення безпосередньо в системах сідало у збагачених колоніях. Датчики RFID використовувалися в тандемі з вагами для кількісної оцінки пересування, годівлі та гніздування окремих птахів у груповому утриманні.

Доїльний робот (точне обладнання). Автоматизовані доїльні системи є формою «добровільних» доїльних систем, у яких молочних корів не доять вручну (зазвичай двічі на день) [7].

Висновки

Звісно, що важливим є не тільки розробка інноваційних аграрних технологій, але й також їх поширення. Наразі для цього потрібні належні рамкові умови. Так, необхідною умовою для застосування цифрових рішень є комплексна цифрова інфраструктура – наприклад, покриття мобільного зв'язку 5G у сільській місцевості. Європейська система обробки та захисту даних також сприяє довірі до цифрових технологій, а, отже, їх поширенню.

Зі зростанням частки повсякденних завдань, які виконуються онлайн, здатність використовувати сучасні технології стає все більш важливою для того, щоб кожен міг брати участь у цифровому суспільстві. Згідно даних дослідження, населення віком 16–74 роки, які проживають у сільській місцевості країн ЄС, рідше користуються Інтернетом щодня (78,4% протягом трьох місяців, що передували опитуванню у 2022 році), ніж ті, хто живе в містах і передмістях. (84,1 %) або в містах (87,4 %). Цей «цифровий розрив» частково можна пояснити ступенем урбанізації. Однак недостатній обсяг інвестицій в інфраструктуру також може бути фактором, оскільки люди, які живуть у сільській місцевості, можуть рідше користуватися Інтернетом, якщо їм заважає низька швидкість Інтернету, менший вибір технологій або вищі ціни [3].

Загальними перешкодами для впровадження цифровізації в аграрне виробництво є такі, як: витрати (попередні інвестиції та поточні витрати на технічне обслуговування), актуальність і обмежені випадки використання, зручність використання, високі вимоги до навичок оператора, недовіру до алгоритмів і технологічний ризик.

Отже, в перспективі слід дослідити стимули, які сприяють впровадженню цифрових технологій та інструментів в діяльність аграрних підприємств і перешкоди, які гальмують цей процес.

Список використаних джерел

1. Amentae, T. K., and Gebresenbet, G. (2021). Digitalization and future agro-food supply chain management: a literature-based implications. *Sustainability* 13, 12181. doi: 10.3390/su132112181
2. Digital society statistics at regional level / Eurostat regional yearbook. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Digital_society_statistics_at_regional_level#Internet_users
3. Führende Unternehmen der Agrarchemie weltweit nach Umsatz im Jahr 2021. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/657076/umfrage/umsatz-fuehrende-unternehmen-agrarchemie/>
4. Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitization, opportunities for sustainability. *J. Clean. Prod.* 252, 119869. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119869
5. Hassoun, A., Jagtap, S., Garcia-garcia, G., Trollman, H., Pateiro, M., Lorenzo, M., et al. (2023c). Food Quality 4.0: from traditional approaches to digitalized automated analysis. *J. Food Eng.* 337, 111216. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2022.111216
6. Holdinghausen Heike Digitalisierung der Landwirtschaft: Wem nutzt das Digital-Update? URL: <https://www.boell.de/de/2022/01/12/digitalisierung-der-landwirtschaft-wem-nutzt-das-digital-update>

7. McFadden, J., et al. (2022), The digitalisation of agriculture: A literature review and emerging policy issues, OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, No. 176, OECD Publishing, Paris, URL: <https://doi.org/10.1787/285cc27d-en>.
8. OECD (2022), Agri-Environmental other indicators /Pesticides sales. URL: <https://stats.oecd.org//index.aspx?queryid=77276#>