

SYSTEMY INFORMATYCZNE A INTERNET RZECZY W KONTEKŚCIE ZARZĄDZANIA GOSPODARSTWEM ROLNYM

Ewa Anna Witkowska^{1*}

¹ Made in Media, Polska

Streszczenie: Celem głównym artykułu jest przedstawienie szans i wyzwań wynikających z wdrożenia Internetu Rzeczy w rolnictwie jako sposobu zarządzania produkcją rolną w ujęciu mikro- i makroekonomicznym. Opracowanie przygotowano w oparciu o artykuły naukowe, raporty krajowe i zagraniczne publikowane przez instytucje publiczne oraz źródła internetowe. Ze względu na dynamiczny rozwój obszarów technologicznych przedmiotowe badanie bazowało głównie na danych statystycznych dotyczących okresu 2017-2022. W ramach badania podjęto próbę identyfikacji kluczowych barier stojących na drodze do skutecznej cyfryzacji branży rolnej wynikających z aspektów demograficznych, kompetencyjnych, a także zakresu obecnie stosowanej technologii i oprogramowania w rolnictwie. Przedstawionego obrazu dopełnia analiza celów określonych przez Unię Europejską w zakresie Zielonego Ładu.

Słowa kluczowe: cyfryzacja branży rolnej, Internet Rzeczy (IoT), rolnictwo precyzyjne, systemy informatyczne, zarządzanie gospodarstwem rolnym

Kod klasyfikacji JEL: O13, M11, M15, Q16, Q18

Wprowadzenie

Czas rozwoju Internetu Rzeczy przypada na okres silnych przemian gospodarczych na świecie wynikających ze wzrastającego potencjału technologicznego, nasilającego się trendu globalizacyjnego (Klerkx et al., 2019; Ogórek & Zaskórski, 2018) przy jednocześnie napiętej sytuacji geopolitycznej. Dotychczas funkcjonujące

¹ Ewa Witkowska, mgr, Made in Media, ul. Andrzeja Struga 78, lok. A101, 90-557 Łódź,
ewa.anna.witkowska@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7447-9574>

* Autor korespondencyjny: Ewa Witkowska, ewa.anna.witkowska@gmail.com

modele gospodarek światowych zredefiniowały swoje założenia, uwzględniając silną rolę systemów informatycznych, na których opiera coraz więcej gałęzi gospodarki. Bezpieczne systemy informatyczne (Weber, 2022; Stańkowska & Mroczo, 2021) świadczą również o sile struktur państwowych, instytucji publicznych, a odpowiednie zarządzanie gromadzonymi w nich danymi stanowią o przewadze konkurencyjnej w różnorodnych sektorach. Coraz większa ilość informacji pobierana jest do baz danych systemów informatycznych automatycznie, bez udziału człowieka, za pomocą urządzeń elektronicznych łączących się ze sobą. W ten sposób tworzy się Internet Rzeczy definiowany przez Europejską Agencję ds. Cyberbezpieczeństwa jako „cyberfizyczny ekosystem połączonych ze sobą czujników i urządzeń sterujących, które umożliwiają inteligentne podejmowanie decyzji” (ENISA, 2022).

Poza rozwojem cyfryzacji w wielu obszarach funkcjonowania społeczeństw i przedsiębiorstw (Skowronek-Mielczarek, 2021) na pierwszy plan wysuwają się także inne wyzwania, którym rządy państw poświęcają znacząco więcej uwagi niż w dekadach poprzednich. Wśród priorytetów Unii Europejskiej na lata 2019-2024 jest pielęgnowanie demokracji europejskiej, pojawia się dyskusja o cyberbezpieczeństwie, zapewnienie dobrobytu ludziom, a także optymalizacja zużycia nieodnawialnych źródeł energii w ramach tzw. Zielonego Ładu (Komisja Europejska, 2019). Wymienione priorytety łączą się w różny sposób z ideą cyfryzacji, choć ich optymalizacja względem siebie stanowi wyzwanie na poziomie zarówno makro-, jak i mikroekonomicznym.

Jednym z aspektów branych pod uwagę podczas inwestowania w nową technologię jest dostępność zasobów, pozwalających na rozwój i utrzymanie technologii w dłuższym okresie czasu. Zasobami, które są niezbędne do funkcjonowania Internetu Rzeczy, jest energia elektryczna, umożliwiająca dostępność systemu, oraz potrzebne do magazynowania danych farmy serwerowni. Znaczenie dla rozwoju technologii ma zarówno kadra ekspertów merytorycznych w zakresie informatyki, elektroniki, analizy danych, jak i kadra zarządzająca. Zadaniem specjalistów odpowiedzialnych za architekturę systemów informatycznych i konstrukcję baz danych jest łączenie urządzeń w sieci, jak również bezpieczne udostępnianie informacji (Lorencowicz, 2015). Specjaliści w zakresie elektroniki dbają o niezawodność funkcjonowania urządzeń w różnorodnych warunkach.

W 2018 roku ilość generowanych danych w Unii Europejskiej wyniosła 33 zettabajty i prognozowany jest ich wzrost do 175 zettabajtów w roku 2025 (Komisja Europejska, 2022b). Oznacza to, że przed rynkiem elektronicznym i informatycznym stoi ogromne wyzwanie zarządzania systemami informatycznymi i bazami danych zawierającymi potężną ilość danych, z uwzględnieniem niezawodności i bezpieczeństwa cybernetycznego. Wyzwaniem są również priorytety Zielonego Ładu (Musiał & Szumiec, 2021), w ramach których szczególny nacisk stawiany jest na optymalizację zużycia energii, a także oszczędność zasobów w postaci surowców, z których tworzone są komponenty elektroniczne.

Jedną z branż, dla której wdrożenie Internetu Rzeczy może przyczynić się do wzrostu dobrobytu ludzi, ochrony środowiska przy jednoczesnym optymalizowaniu

zużycia zasobów nieodnawialnych, jest szeroko rozumiana branża rolna i biotechnologiczna. Od kondycji tych branż zależy bezpośrednio bezpieczeństwo gospodarcze każdego państwa i regionu.

Celem artykułu jest zidentyfikowanie szans i wyzwań w branży rolnej, wynikających z postępującego rozwoju technologicznego, w celu podniesienia efektów produkcji rolnej przy wykorzystaniu systemu informatycznego do zarządzania gospodarstwem rolnym. Ponadto artykule dokonano weryfikacji możliwości wdrożenia Internetu Rzeczy jako narzędzia do zarządzania gospodarstwami rolnymi w ujęciu mikro- i makroekonomicznym, umożliwiającego bardziej racjonalne wykorzystanie zasobów.

Zarządzanie gospodarstwem rolnym

Efektywne zarządzanie gospodarstwem rolnym jest złożonym procesem, wymagającym wiedzy i doświadczenia w zakresie uprawy lub hodowli, umiejętności szacowania ryzyka (Walaszczyk, 2012), w tym związanego z trendami cyfryzacyjnymi (Hunter et al., 2017), a także dostosowywaniem się do standardów krajowych i międzynarodowych. Rolnik-przedsiębiorca, zarządzający polami uprawnymi, musi spełnić wiele wytycznych dotyczących procesu produkcji i dokumentacji, ilości i jakości wykorzystywanych czynników produkcji, a także ochrony środowiska (Musiał & Szumiec, 2021). Podobnie jest w przypadku hodowli zwierząt – rolnik-przedsiębiorca musi zapewnić zwierzętom odpowiednie warunki do życia i zadbać o ich dobrostan. Normy obowiązują również w obszarze przechowywania żywności, a następnie jej dystrybucji. Pojawiające się wytyczne niosą za sobą konieczność zmiany podejścia do zarządzania gospodarstwem, jego modernizacji, rozbudowy lub wykorzystywania nowych urządzeń, co wymaga dodatkowego czasu i środków finansowych. Z odpowiedzią na problemy współczesnych rolników-przedsiębiorców przychodzą producenci urządzeń i oprogramowania do zarządzania gospodarstwem rolnym. Dzięki technologii zaimplementowanej do urządzeń rolniczych rolnik-przedsiębiorca realizuje procesy planistyczne, monitorujące i operacyjne. Choć nowoczesny sprzęt stanowi duży koszt początkowy, w perspektywie długoterminowej inwestowane środki, przy umiejętnym wykorzystaniu maszyn i urządzeń, mogą zwrócić się w postaci zwiększonej efektywności produkcji i oszczędności czasu. Rolnictwo precyzyjne (Dominik, 2010) przynosi sposoby użycia technologii w rolnictwie w celu uzyskania wyższej efektywności przy bardziej racjonalnym gospodarowaniu.

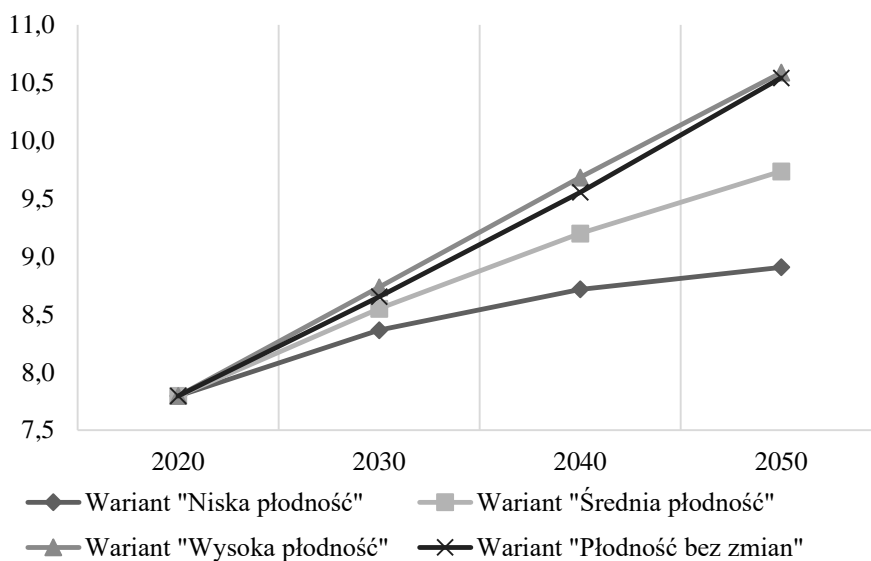
Metodyka badawcza

W nawiązaniu do publikacji naukowych licznych autorów literatury przedmiotu z zakresu zarządzania gospodarstwem rolnym (Dominik, 2010; Musiał & Szumiec, 2021; Walaszczyk, 2012), a także raportów organizacji krajowych i międzynarodowych (GUS, 2020; Komisja Europejska, 2021; Polska Fundacja Przemysłu Kosmicznego, 2021) w artykule dokonano analizy informacji z lat 2010-2022 z prognozowanymi danymi demograficznymi opublikowanymi przez Organizację

Narodów Zjednoczonych (United Nations, 2019). Celem analizy jest określenie wagi cyfryzacji rolnictwa dla rozwoju przemysłu rolnego i zachowania bezpieczeństwa żywnościowego w kraju i regionie. Podjęto próbę rozpoznania warunków makroekonomicznych dla trendu technologizacji rolnictwa, a także scharakteryzowano rolników-przedsiębiorców w kontekście posiadanych kompetencji cyfrowych, aby uzyskać informację, jak zaangażować rolników-przedsiębiorców do poznawania nowych technologii dla rolnictwa, w tym z obszaru Internetu Rzeczy. Ponadto w artykule przeanalizowano wyniki badań sondażowych wykonanych metodą CAWI (Polska Fundacja Przemysłu Kosmicznego, 2021) w celu próby uzyskania odpowiedzi na pytanie: *Ilu obecnie rolników-przedsiębiorców stosuje metody gospodarowania-zarządzania opartego na automatyzacji w Polsce i jakie korzyści z niej płyną?* Dane zestawiono z informacjami pozyskanymi z raportów Unii Europejskiej (Komisja Europejska, 2021) wskazującymi, jaki poziom cyfryzacji osiągnięto w państwach zrzeszonych w ramach Unii Europejskiej, w tym wśród mieszkańców wsi. Zastosowano analizę ilościową i jakościową dla uzyskania informacji o zależnościach zjawisk i procesów w zarządzaniu gospodarstwem rolnym i próby określenia standardu projektowania urządzeń i oprogramowania dla rolnictwa.

Warunki zewnętrzne dla wdrażania Internetu Rzeczy w rolnictwie

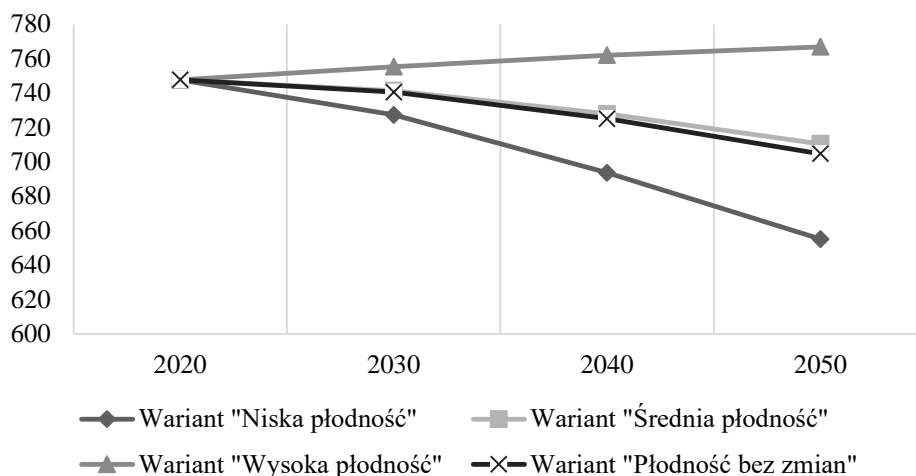
Według danych opublikowanych przez Organizację Narodów Zjednoczonych liczba światowej populacji zwiększy się znacząco do 2050 roku (United Nations, 2019). Uwzględniając różnorodne warianty płodności, populacja świata waha się pomiędzy 8,9 mld i 10,5 mld ludności w 2050 roku (Rysunek 1).



Rysunek 1. Prognozowana populacja świata (w mld) w latach 2020-2050 według kryterium płodności

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań (United Nations, 2019)

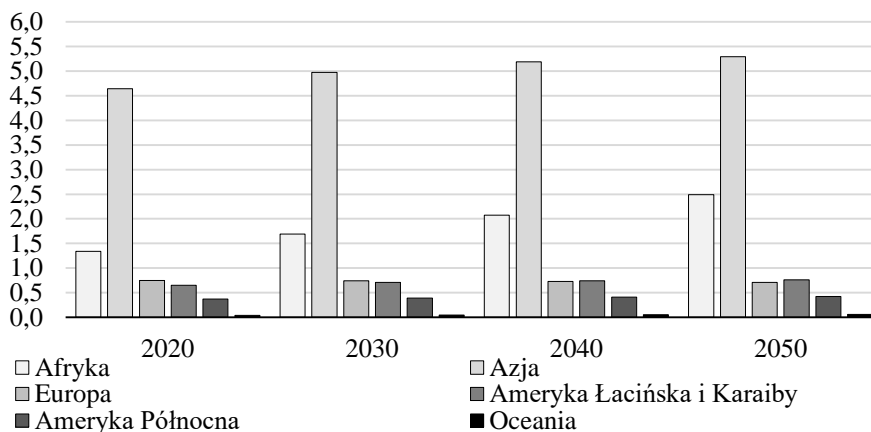
Jednocześnie zwraca uwagę fakt, że ludność Europy w omawianych przedziałach czasowych spadnie z obecnych około 746 mln do około 710 mln w 2050 roku, a nawet do 650 mln według mniej optymistycznego scenariusza. Tylko jeden z analizowanych scenariuszy według kryterium płodności zakłada wzrost populacji Europejczyków do ponad 766 mln (Rysunek 2).



Rysunek 2. Prognozowana populacja Europy (w mln) w latach 2020-2050 według kryterium płodności

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań (United Nations, 2019)

Największy spodziewany wzrost populacji notuje Afryka (z obecnych 1,4 mld do 2,48 mld ludności) i Azja (z obecnych 4,7 mld do 5,2 mld ludności). Istotny z perspektywy zarządzania podażą żywności jest fakt, że prognozowany wzrost populacji Azji wynosi 14%, zaś Afryki aż 86% (Rysunek 3).



Rysunek 3. Prognozowana zmiana liczby ludności na świecie (w mld) w latach 2020-2050 w podziale na regiony geograficzne świata

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań (United Nations, 2019)

W związku ze wzrostem populacji od 2020 roku o ok. 20% do roku 2050 konieczne będzie zwiększenie globalnej produkcji rolnej. Sytuacja demograficzna świata z perspektywy Europy stanowi szansę na eksport żywności do krajów o wysokiej lub rosnącej populacji i stosunkowo nieurodzajnych glebach, a także trudnych warunkach klimatycznych do uprawy roślin i hodowli zwierząt.

Według danych opublikowanych przez Komisję Europejską wartość eksportu żywności z krajów Unii Europejskiej do krajów grupy Extra-EU27, w skład której wchodzi 229 państw świata, wynosi łącznie 184 340 mln euro (Komisja Europejska, 2022a). Państwa Unii Europejskiej importują żywność o wartości 122 320 mln euro. Bilans zatem wynosi 62 020 mln euro, co stanowi 28,5% wartości wszystkich zysków z handlu pomiędzy Unią Europejską a krajami grupy Extra-EU27. Rosnące potrzeby żywnościowe na rynkach Azji i Afryki stanowią potencjał dla dalszego rozwoju handlu z Unią Europejską. Jednak dla państw Unii Europejskiej zapewnienie zwiększonej podaży żywności oznacza konieczność zadbania o wzrost efektywności produkcji. Wśród czynników, które umożliwiają zarządzanie w szczególności uprawami na szeroką skalę, jest zastosowanie technologii Internetu Rzeczy, która umożliwia bardziej optymalne planowanie upraw i nawożenia na określonym terenie, czy choćby współdzielenie informacji o warunkach pogodowych w celu dostosowania m.in. poziomu nasłonecznienia lub nawodnienia. Pierwszym krokiem w kierunku wdrożenia Internetu Rzeczy w rolnictwie jest wprowadzenie na jak najszerszą skalę rolnictwa precyzyjnego do zarządzania produkcją rolną.

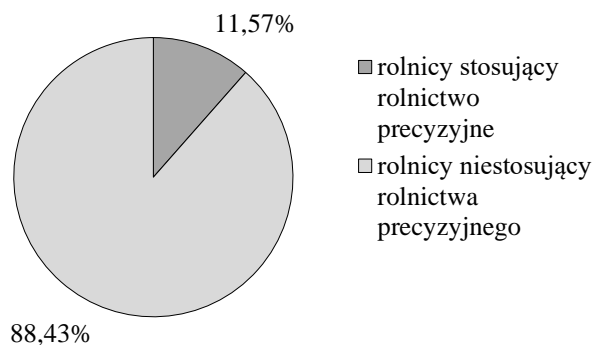
Wyzwania wynikające z wdrażania systemów informatycznych w rolnictwie

Rewolucja teleinformatyczna, związana z upowszechnieniem się w latach 90. i na początku XXI wieku technologii opartych na komunikacji satelitarnej, umożliwiła wdrożenie rolnictwa precyzyjnego rozumianego jako „gospodarowanie z zastosowaniem technologii informatycznych w celu uzyskania większych plonów o lepszej jakości przy jednoczesnym obniżeniu kosztów produkcji i ograniczeniu skażenia środowiska” (Dominik, 2010). Maszyny rolnicze zostały wyposażone w układy elektroniczne oraz systemy nawigacji GPS, co umożliwiło zautomatyzowanie procesu upraw i optymalizację czasu pracy. Dzięki systemowi GPS rolnik-przedsiębiorca może zmapować pole uprawne, uzyskując informację o ukształtowaniu terenu i zasobności gleby. Technologia pozwala na użycie dokładnie wyliczonych dawek nasion i nawozów, różnych na każdym fragmencie pola. Tak zarządzane gospodarstwo rolne wykazuje znaczące oszczędności czasu i zasobów finansowych przy wzroście efektywności produkcji rolnej. Zgodnie z ideą rolnictwa precyzyjnego zaoszczędzony czas rolnik-przedsiębiorca powinien poświęcić w pewnej części na wykonanie dokumentacji prac uprawnych, aby móc porównywać informacje w kolejnych latach w celu uzyskania coraz wyższych wyników w przyszłości. Raport Polskiej Fundacji Przemysłu Kosmicznego na podstawie badania CAWI wykonanego w 2021 roku na próbie 432 polskich rolników dostarcza informacji, że tylko 34,5% rolników wie, czym jest rolnictwo precyzyjne, a wśród

nich tylko 33,8% stosuje rozwiązania rolnictwa precyzyjnego w swoim gospodarstwie (Rysunek 4). W badanej próbie tylko 11,57% rolników stosuje rolnictwo precyzyjne, co wynika z obliczeń w oparciu o dane zgromadzone podczas badania:

$$33,8\% \cdot (34,5\% \cdot 432) \approx 50$$

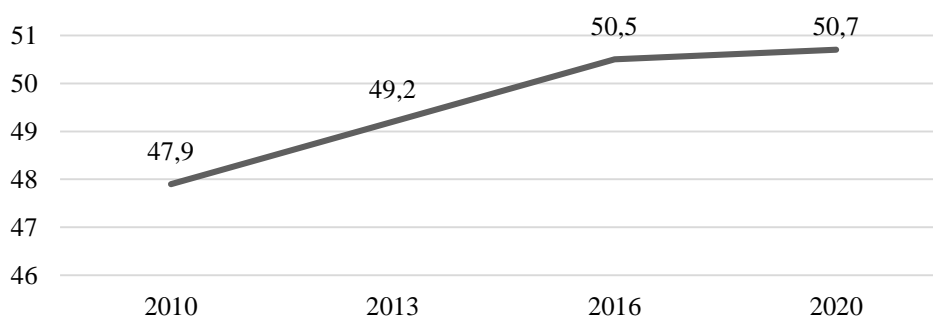
$$\frac{50}{432} \cdot 100\% = 11,57\%$$



Rysunek 4. Stosowanie rolnictwa precyzyjnego wśród rolników w Polsce

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych (Polska Fundacja Przemysłu Kosmicznego, 2021)

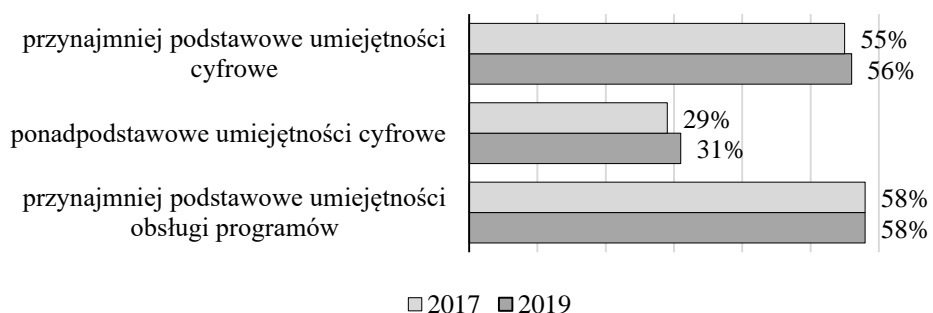
Aby w pełni korzystać z rolnictwa precyzyjnego, konieczna jest umiejętność zainstalowania odpowiedniego oprogramowania, implementacji danych do systemu, późniejszej analizy i wykorzystania ich w praktyce. Brak chęci do poszukiwania nowoczesnych rozwiązań technologicznych, które mogą usprawnić proces produkcji rolnej, może wynikać ze struktury demograficznej osób wykonujących zawód rolnika-przedsiębiorcy, a także z niewystarczających umiejętności cyfrowych. Z raportu *Powszechny Spis Rolny 2020. Informacje Sygnalne* (GUS, 2020) wynika, że średni wiek użytkowników gospodarstw rolnych w Polsce wynosi ponad 50,7 lat i wzrósł od 2010 roku o 2,8 roku (Rysunek 5).



Rysunek 5. Średni wiek użytkownika rolnego gospodarstwa indywidualnego w Polsce w latach 2010-2020

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych (GUS, 2020)

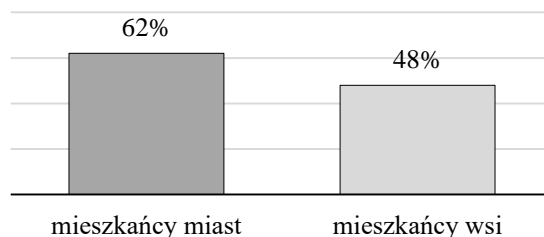
Według danych Komisji Europejskiej jedynie 11% gospodarstw rolnych na terenie Unii Europejskiej jest prowadzonych przez rolników poniżej 40. roku życia (Komisja Europejska, 2016), natomiast 58% rolników to osoby po 55. roku życia. Wzrostowy trend i płynące w kierunku rozwoju cyfryzacji inwestycje z Unii Europejskiej pozwalają na stopniowe podnoszenie poziomu użytkowania narzędzi cyfrowych wśród obywateli państw tego regionu. Notowany wzrost pomiędzy 2017 i 2019 rokiem według raportu *Digital Economy and Society Index 2019* Komisji Europejskiej był jednak nieznaczny i wyniósł zaledwie 1% dla poziomu podstawowego i 2% dla poziomu powyżej podstawowego. Według danych z 2019 roku (Komisja Europejska, 2021) 56% ludzi żyjących w krajach Unii Europejskiej posiada podstawowe umiejętności cyfrowe, a 31% umiejętności powyżej podstawowych. Oznacza to osoby z podstawowymi lub ponadpodstawowymi umiejętnościami cyfrowymi w każdym z czterech wymiarów: informacja, komunikacja, rozwiązywanie problemów i użytkowania oprogramowanie w celu tworzenia treści, mierzone jako liczba działań przez 3 miesiące prowadzonych badań. W 2021 roku 58% ludności krajów Unii Europejskiej posiadało przynajmniej podstawowe umiejętności w zakresie obsługi oprogramowania – tyle samo co w raportowanych wynikach z 2019 roku. Oznacza to, że osoby te potrafią używać edytorów tekstu, funkcji arkusza kalkulacyjnego, stworzyć prezentację lub inny dokument, w którym zawarły tekst, obraz, tabelę lub wykresy bądź napisały własny kod w języku programistycznym (Rysunek 6).



Rysunek 6. Udział obywateli krajów Unii Europejskiej posiadających umiejętności cyfrowe i umiejętności obsługi programów w latach 2017 i 2019

Źródło: (Komisja Europejska, 2021)

Analizując dane w kontekście użytkowników systemów informatycznych skierowanych do branży rolnej, należy uwzględnić zróżnicowanie poziomu umiejętności cyfrowych ze względu na strukturę wiekową. Według raportu umiejętności cyfrowe na poziomie podstawowym posiada 80% osób w wieku 16-24 lata, 84% osób z wyższym wykształceniem i 87% studentów. Jedynie 33% osób w wieku 55-74 lata może pochwalić się podobnymi umiejętnościami cyfrowymi. Dodatkowo istnieje zauważalna różnica pomiędzy wskaźnikiem cyfryzacji osób mieszkających na obszarach miejskich i wiejskich. Tylko 48% osób mieszkających na wsi posiada podstawowe umiejętności cyfrowe. W miastach wskaźnik wynosi 62% (Rysunek 7).

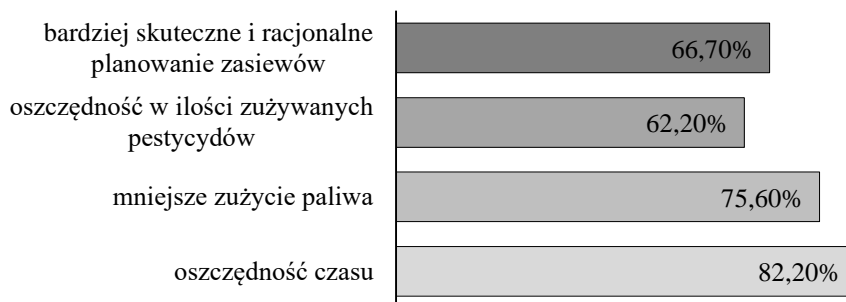


Rysunek 7. Udział obywateli krajów Unii Europejskiej posiadających przynajmniej podstawowe umiejętności cyfrowe

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych (Komisja Europejska, 2021)

Z powyższych danych wynika, że rolnicy, jako grupa zamieszkująca tereny wiejskie, którzy w znaczącej większości są grupą w wieku powyżej 40. roku życia, w większości nie posiadają umiejętności cyfrowych lub posiadają je na podstawowym poziomie. Z perspektywy projektowania oprogramowania należy zatem założyć, że wdrażanie systemów informatycznych do zarządzania produkcją rolną w grupie zawodowej rolników-przedsiębiorców będzie wymagać odpowiedniego przygotowania na poziomie technicznym i powinno z założenia posiadać elementy edukacyjne, ułatwiające użytkownikom wdrożenie się w nową technologię. Z technicznego punktu widzenia warto wspomnieć o planach Komisji Europejskiej związanych z dostępem do szybkiego Internetu szerokopasmowego na obszarach wiejskich – Komisja założyła osiągnięcie dostępu na poziomie 100% już w roku 2025 (Komisja Europejska, 2020).

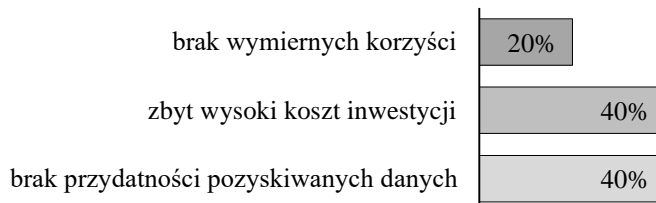
Wzrost kompetencji cyfrowych wśród rolników-przedsiębiorców może zaowocować zainteresowaniem nowymi technologiami. Według raportu *Rolnictwo precyzyjne w Polsce* Polskiej Fundacji Przemysłu Kosmicznego (Polska Fundacja Przemysłu Kosmicznego, 2021) rolnicy, którzy stosują rolnictwo precyzyjne, dostrzegają szereg korzyści z tego wynikających: 82,2% respondentów zauważa oszczędność czasu, 75,6% dostrzega mniejsze zużycie paliwa, 62,2% wskazuje na oszczędność w ilości zużywanych pestycydów, a 66,7% zauważa bardziej skuteczne i racjonalne planowanie zasiewów (Rysunek 8).



Rysunek 8. Korzyści wynikające ze stosowania rolnictwa precyzyjnego

Źródło: (Polska Fundacja Przemysłu Kosmicznego, 2021)

Aż 90% rolników, którzy wykorzystują rolnictwo precyzyjne, uważa je za opłacalne. Pozostali wskazali na bariery stosowania tego rodzaju gospodarowania. 20% nie dostrzega wymiernych korzyści stosowania rolnictwa precyzyjnego, dla 40% nieopłacalność wynika ze zbyt wysokiego kosztu inwestycji w sprzęt i późniejszego utrzymania, 40% wskazuje na brak przydatności pozyskiwanych danych (Rysunek 9).



Rysunek 9. Bariery dla rolnictwa precyzyjnego w Polsce

Źródło: (Polska Fundacja Przemysłu Kosmicznego, 2021)

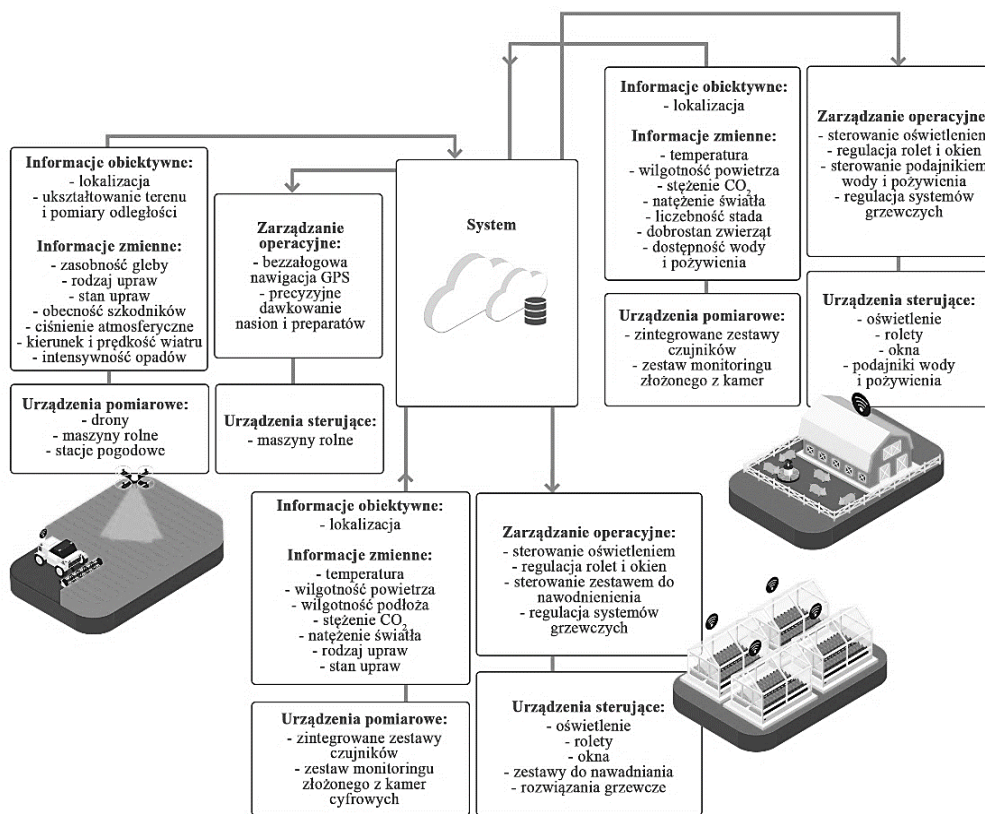
Ostatni wynik jest szczególnie interesujący z perspektywy tworzenia oprogramowania i może wynikać m.in. z nieodpowiedniego przygotowania systemu informatycznego, który umożliwiałby wygodne zestawianie danych, zbyt dużej lub zbyt małej ilości zbieranych danych lub braku umiejętności interpretacji informacji lub wiedzy w zakresie wykorzystania ich w praktyce przez użytkowników systemu. Odpowiednie wytypowanie danych do analizy w ramach oprogramowania do rolnictwa precyzyjnego jest kluczowe dla zarządzania gospodarstwem rolnym. Z perspektywy nadchodzącej czwartej rewolucji przemysłowej, której towarzyszy silna automatyzacja i wprowadzenie Internetu Rzeczy, duży potencjał stanowi łączenie danych z wielu gospodarstw rolnych i ich holistyczna analiza w celu zarządzania produkcją nie tylko jednego gospodarstwa indywidualnego rolnika, ale wieloma gospodarstwami jako potencjałem rolnym dla kraju, a także całego regionu Unii Europejskiej.

Projektowanie systemów informatycznych dla rolnictwa

Informacje cyfrowe można pozyskiwać za pomocą różnorodnych urządzeń. Podstawą jest dobór i dopasowanie sprzętu elektronicznego do odpowiadającej mu potrzeby gromadzenia pewnego rodzaju informacji do zarządzania w gospodarstwie rolnym. Przykładowy system został przedstawiony na Rysunku 10.

Zintegrowany system informatyczny do zarządzania gospodarstwem rolnym umożliwia nie tylko pozyskiwanie danych, dzięki którym rolnik-przedsiębiorca uzyskuje możliwość bardziej racjonalnego planowania procesu produkcji i monitorowania gospodarstwa, ale również sterowanie urządzeniami do zarządzania operacyjnego. Wśród przyrządów optycznych duże zastosowanie w rolnictwie precyzyjnym uzyskały w ostatnich latach kamery osadzone na dronach, które umożliwiają mapowanie pól (Bernier & Chojnacki, 2016). Pozyskiwane z lotu informacje pomagają w ocenie upraw, stanu zachwaszczenia, a także poinformują

o obecności szkodników. Część informacji z lotu drona pozyskiwana jest z czujników, m.in. wysokości, przyspieszenia oraz z nawigacji satelitarnej GPS. Do pomiaru odległości wykorzystywane są również mierniki laserowe.



Rysunek 10. Schemat zarządzania gospodarstwem rolnym z użyciem zintegrowanego systemu informatycznego

Źródło: Opracowanie własne

Najmniej optymalne z perspektywy analizy danych i ich późniejszej archiwizacji są informacje pozyskiwane z kamery cyfrowej w postaci filmów lub obrazów bitmapowych, które zajmują dużo miejsca na dysku w porównaniu z danymi tekstowymi, numerycznymi, czy obrazami wektorowymi. Przechowywanie danych historycznych tego typu może okazać się trudne i kosztowne ze względu na ilość miejsca, jaką zajmują obrazy i filmy wideo o wysokiej rozdzielczości. Ponadto manualne przeglądanie filmów i zdjęć jest nieefektywne pod względem czasowym i wymaga opisywania wniosków w odpowiedniej strukturze, co ogranicza możliwość ilościowej analizy danych. Wychodząc naprzeciw tym problemom, twórcy oprogramowania wykorzystują możliwość automatycznego przetwarzania fotografii, sporządzając z nich „ortomozaiki, mogące stanowić fragment lub całość

ortomapy” (Berner & Chojnacki, 2016). Automatyczne pozyskiwanie i przetwarzanie danych z obrazów i filmów niesie ogromny potencjał w wielu branżach. Jest to technologia wciąż rozwijana, szczególnie przez korporacje, które przeznaczają potencjał finansowy na jej rozwój, np. w obszarze biometrii. Archiwizacja i efektywne przetwarzanie danych z kamer cyfrowych jest wyzwaniem również dla powstawania Internetu Rzeczy. Przesył tak dużej ilości danych wymaga powszechnego dostępu do szerokopasmowego Internetu, a przetworzenie ich do postaci o mniejszej objętości jest warunkiem efektywnego zarządzania i zestawienia w celu ich analizy bez włączania czynnika ludzkiego. Bardziej efektywne z perspektywy analizy danych są informacje gromadzone ze stacji pogodowej, zbudowanej z systemu czujników temperatury, wilgotności powietrza, ciśnienia atmosferycznego, czujnika wiatru i deszczu. W tym przypadku do bazy danych zostają pobrane informacje tekstowe lub liczbowe z nadaną odpowiednią datą i godziną, z których mogą zostać wygenerowane wykresy celem wizualizacji zmian pogodowych. Dla upraw pozagłębowych w szklarniach sprawdzi się system czujników wilgotności powietrza, temperatury, wilgotności gleby, stężenia dwutlenku węgla i natężenia światła w pomieszczeniu. Układ sterowania urządzeniami w szklarni dodatkowo wzmocni kontrolę nad środowiskiem upraw. Regulacja lampami grzewczymi i systemem nawodnienia w szklarni lub roletami w celu ograniczania natężenia światła to podstawowe funkcje umożliwiające nie tylko monitorowanie, ale również zdalne zarządzanie uprawami pod osłonami. Dane gromadzone z czujników mogą wspierać zarządzanie nie jedną, lecz wieloma szklarniami, co dzięki odpowiedniemu oprogramowaniu umożliwi porównywanie planów upraw i ich efektywność w różnych warunkach. System czujników temperatury, wilgotności powietrza wraz z systemem monitoringu znajdzie swoje zastosowanie również w obszarze hodowli zwierząt. Część urządzeń można wykorzystać do automatyzacji żywienia zwierząt, zarówno w pomieszczeniu, jak i poza nim. Istotne dla wprowadzenia na szeroką skalę technologii opartej na Internecie Rzeczy w przypadku upraw głębowych, szklarniowych i hodowli zwierząt jest projektowanie w oparciu o standard umożliwiający wygodne podłączanie kolejnych urządzeń do Internetu Rzeczy. Obecnie producenci urządzeń takich jak drony, stacje pogodowe, nawigacje GPS dla maszyn rolnych czy regulatory urządzeń grzewczych dla szklarni tworzą własne systemy, którym trudno jest połączyć się w celu dzielenia się informacjami. Urządzenia multiplikują pomiary, zapełniając bazy danych informacjami, które można wykorzystać w ograniczony sposób. Z perspektywy użytkownika jest to niepraktyczne, gdyż wymaga instalacji kilku różnych aplikacji i nieautomatycznej analizy danych. Projektowanie oprogramowania dla rolnictwa, które będzie komunikować się w ramach Internetu Rzeczy, stanowi główne wyzwanie dla producentów sprzętu. Podstawowe elementy, które należy uwzględnić przy projektowaniu systemu IoT dla rolnictwa, przedstawiono na Rysunku 11.

Istotnym założeniem, na które należy zwrócić uwagę, jest możliwość integracji z zewnętrznym oprogramowaniem urządzeń w gospodarstwie, a także docelowo sterowania nimi za pomocą aplikacji. Łączy się z tym odpowiednie zaprojektowanie bazy danych w celu uzyskiwania precyzyjnych informacji, również w formie zestawień.



Rysunek 11. Założenia do projektowania oprogramowania dla rolnictwa

Źródło: Opracowanie własne

Innym ważnym aspektem, związanym z zarządzaniem procesem tworzenia systemów informatycznych jest projektowanie graficzne zgodnie z zasadami User Experience oraz User Interface. Projektanci, tworząc systemy dla rolników, powinni uwzględnić umiejętności cyfrowe, jakimi obecnie dysponują rolnicy-przedsiębiorcy, a także sprzęt, z którego korzystają do obsługi aplikacji. Skłonność do skorzystania z technologii do zarządzania gospodarstwem rolnym będzie większa, gdy środowisko obsługi, integracji urządzeń i pozyskiwania danych będzie przystępne również pod kątem użytkowania systemu informatycznego.

Podsumowanie

Przedstawiona analiza wykazała, że zarządzanie rolnictwem z użyciem ekosystemu informatycznego Internetu Rzeczy stanowi szansę dla uzyskania efektów racjonalnej produkcji rolnej, przy jednoczesnym optymalizowaniu kosztów pracy,

czasu i środków produkcji. Przeprowadzone wnioskowanie obciążone jest jednak ograniczeniami wynikającymi z subiektywnego doboru źródeł, a także dynamicznie zmieniających się warunków dla rozwoju nowoczesnych technologii. Do największych wyzwań wprowadzenia Internetu Rzeczy należą te z zakresu rozwoju telekomunikacji i elektroniki. Rozwiązania z tych obszarów warunkują skuteczne przetwarzanie danych w celu zarządzania siecią gospodarstw w oparciu o informacje pozyskane z różnych systemów informatycznych.

Biorąc pod uwagę uwarunkowania zewnętrzne i planowany rozwój inwestycji cyfrowych w rolnictwie, rekomenduje się utworzenie zunifikowanego standardu zbierania i udostępniania danych, a także tworzenia systemów informatycznych w celu racjonalnego zarządzania gospodarstwami rolnymi, umożliwiającego podłączanie nowych urządzeń do Internetu Rzeczy w sposób przystępny dla producentów sprzętu i bezpieczny z perspektywy cyberbezpieczeństwa. Zabezpieczanie danych jest przedmiotem dyskusji nie tylko informatyków i ekspertów ds. bezpieczeństwa, ale również prawników. W tym zakresie z rozwiązaniem przychodzi Komisja Europejska, która w lutym 2022 roku w dokumencie *Data Act* proponowała zasady udostępniania danych (Komisja Europejska, 2022b), gromadzonych poprzez różnorodne systemy informatyczne krajów Unii Europejskiej. Komisja Europejska wskazuje, że 80% danych przemysłowych nigdy nie jest wykorzystywane, i podejmuje temat zarządzania danymi jako całością informacji w ekosystemie informatycznym. Stanowi to wyzwanie nie tylko z perspektywy udzielania technicznego dostępu do informacji użytkownikom zewnętrznym, ale przede wszystkim w kontekście ochrony danych osobowych, a także know-how przedsiębiorstw i gospodarstw rolnych. Zmiany legislacyjne proponowane przez Komisję Europejską mogą znacząco wpłynąć na rozwój technologii przetwarzania danych, zatem w związku z dynamicznie zmieniającą się sytuacją wymagana jest obserwacja trendów w celu podjęcia badań w tym obszarze w przyszłości.

Istotną kwestią zdaje się być również zagadnienie związane z tworzeniem systemów informatycznych i aplikacji, które powinny charakteryzować się wysokim standardem użyteczności. Rolnicy-przedsiębiorcy, jako grupa użytkowników w większości posiadająca niskie umiejętności obsługi technologii, powinni otrzymać rozwiązania o ujednoczonej nawigacji, nomenklaturze i ikonografii w celu jak najszybszego poznawania nowych funkcjonalności. Obszarem wymagającym pogłębionej analizy badawczej jest tworzenie oprogramowania z wykorzystaniem wiedzy z zakresu User Experience i User Interface dla tej grupy odbiorczej. Zatem rekomenduje się stworzenie konwencji dla branży rolnej lub zaadaptowanie ich do aplikacji mobilnych i systemów informatycznych w oparciu o badania ilościowe i jakościowe na grupie rolników-przedsiębiorców. Projektowanie oprogramowania dla tej grupy odbiorczej powinno obejmować instruktaż, który przeprowadzi użytkownika przez program, a także wskaże przydatne dla jego biznesu i rozwoju narzędzia cyfrowe. Poznanie potrzeb i nawyków użytkowników w kontekście użycia nowego narzędzia do zarządzania gospodarstwem stanowi podstawę do bardziej efektywnego wdrażania rolników-przedsiębiorców w świat technologii.

Literatura

- Berner, B., & Chojnacki, J. (2016). Wykorzystanie dronów w rolnictwie precyzyjnym. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna*, 16(3), 19-21.
- Dominik, A. (2010). *System rolnictwa precyzyjnego*. Centrum Doradztwa w Brwinowie Oddział w Radomiu.
- ENISA (2022). *Internet of Things (IoT)*. Europejska Agencja ds. Cyberbezpieczeństwa ENISA. <https://www.enisa.europa.eu/topics/iot-and-smart-infrastructures/iot> (dostęp: 21.04.2022).
- European Commission. (2022). *Data Act: Commission Proposes Measures for a Fair and Innovative Data Economy*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_1113 (dostęp: 29.04.2022).
- GUS. (2020). *Powszechny Spis Rolny 2020. Informacje Sygnalne*. https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/6479/5/1/1/pracujacy_i_naklady_pracy_w_gospodarstwach_rolnych_w_okresie_12_miesiecy-wyniki_wstepne_psr_2020.pdf (dostęp: 25.04.2022).
- Hunter, M. C., Smith, R. G., Schipanski, M. E., Atwood, L. W., & Mortensen, D. A. (2017). Agriculture in 2050: Recalibrating Targets for Sustainable Intensification. *BioScience*, 67(4), 386-391. DOI: 10.1093/biosci/bix010
- Klerx, L., Jakkub, E., & Labarthe, P. (2019). A Review of Social Science on Digital Agriculture, Smart Farming and Agriculture 4.0: New Contributions and a Future Research Agenda. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*, 90-91, 100315. DOI: 10.1016/j.njas.2019.100315
- Komisja Europejska. (2016). *Młodzi rolnicy*. https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/income-support/young-farmers_pl (dostęp: 25.04.2022).
- Komisja Europejska. (2019). *Priorytety Komisji Europejskiej*. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024_pl (dostęp: 21.04.2022).
- Komisja Europejska (2020). *Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, „Strategia od pola do stołu” na rzecz sprawiedliwego, zdrowego i przyjaznego dla środowiska systemu żywnościowego*. Komisja Europejska. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:52020DC0381> (dostęp: 21.04.2022).
- Komisja Europejska. (2021). *Raport Komisji Europejskiej Digital Economy and Society Index (DESI) 2021*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi> (dostęp: 25.04.2022).
- Komisja Europejska. (2022a). *Agri-food Trade Statistical Factsheet European Union – Extra EU27*. Komisja Europejska. https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/farming/documents/agrifood-extra-eu27_en.pdf (dostęp: 04.05.2022).
- Komisja Europejska. (2022b). *Europejski akt w sprawie czipów*. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-chips-act_pl (dostęp: 25.04.2022).
- Lorencowicz, E. (2015). Cyfrowe rolnictwo – cyfrowe zarządzanie. *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie*. XX(4), 105-110. DOI: 10.22004/ag.econ.293715
- Musiał, K., & Szumiec, A. (2021). Istota Zielonego Ładu we Wspólnej Polityce Rolnej 2021-2027 – wyzwania dla rolnictwa w aspekcie ochrony środowiska i przyrody. *Wiadomości Zootechniczne*, 59(3), 3-14.
- Ogórek, M., & Zaskórski, P. (2018). Internet Rzeczy w integracji procesów zarządzania kryzysowego. *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie*. 76, 199-215.
- Polska Fundacja Przemysłu Kosmicznego. (2021). *Rolnictwo precyzyjne w Polsce*. http://niedzwiada.nazwa.pl/pliki_view/22.10.2021/Rolnictwo_precyzyjne_w_Polsce.pdf (dostęp: 25.04.2022).
- Skowronek-Mielczarek, A. (2021). Gospodarka cyfrowa a funkcjonowanie współczesnych przedsiębiorstw na rynku polskim. *Zeszyty Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Płocku*, 33, 23-36. DOI: 10.19251/ne/2021.33(2)
- Stańkowska, M., & Mroczko, F. (2021). Cyberprzestępczość jako integralny przejaw rozwoju cyfryzacji. *Prace Naukowe Wyższej Szkoły Zarządzania i Przedsiębiorczości z siedzibą w Walbrzychu*, 57, 255-294.
- United Nations. (2019). *World Population Prospects 2019, Online Edition. Rev. 1*. <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/> (dostęp: 25.04.2022).

- Walaszczyk, A. (2012). Bariery w zarządzaniu tradycyjnymi przedsiębiorstwami rolnymi. *Zarządzanie i Finanse*, 10(1/3), 501-511.
- Weber, K. (2022). Cybersecurity and Ethical, Social, and Political Considerations: When Cybersecurity for All Is Not on the Table. *Humanities and Social Sciences*, 29(1), 87-95. DOI: 10.7862/rz.2022.hss.07

Wkład autorów: 100%.

Konflikt interesów: Brak konfliktu interesów.

Źródła finansowania: Brak finansowania zewnętrznego.

IT SYSTEMS AND THE INTERNET OF THINGS IN THE CONTEXT OF FARM MANAGEMENT

Abstract: The main aim of the article is to present the opportunities and challenges resulting from the implementation of the Internet of Things in agriculture as a way of managing agricultural production in terms of micro- and macroeconomics. The study was based on scientific articles, and domestic and foreign reports published by public institutions and Internet sources. Due to the dynamic development of technological areas, this study was based on data from 2017-2022. As part of the research, an attempt was made to identify the key barriers to the effective digitization of the agricultural industry, resulting from demographic and competence-related aspects, as well as the scope of the currently used technology and software in agriculture. The presented view is completed by the analysis of the dynamically changing situation in the world and the goals set by the European Union in the field of the Green Deal.

Keywords: digitization of the agricultural industry, Internet of Things (IoT), precision agriculture, information systems, farm management.

Articles published in the journal are made available under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License. Certain rights reserved for the Czestochowa University of Technology.

