

Jan Barański

MOBILE TECHNOLOGIES IN INFECTIOUS DISEASE MONITORING: BENEFITS AND LIMITATIONS

TECHNOLOGIE MOBILNE W MONITOROWANIU CHORÓB ZAKAŻNYCH: KORZYŚCI I OGRANICZENIA

Collegium Medicum, Jan Kochanowski University in Kielce, Poland
Collegium Medicum, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

ABSTRACT

Infectious diseases, such as the COVID-19, Zika virus, malaria, and Ebola, pose a serious threat to public health worldwide. Their impact on society can be significant, especially in the context of globalization, migration, and climate change. These diseases can spread quickly and efficiently, which requires the use of modern monitoring and control tools. In this context, mobile technologies can play a crucial role in preventing and controlling the spread of infectious diseases. This article will discuss both the benefits and limitations of using mobile technologies in monitoring and combating infectious diseases, such as contact-tracing apps, systems for collecting epidemiological data, and platforms supporting health education.

Keywords: *mobile technologies, infectious diseases, health monitoring, mobile apps*

STRESZCZENIE

Choroby zakaźne, takie jak COVID-19, wirus Zika, malaria, czy Ebola, są poważnym zagrożeniem dla zdrowia publicznego na całym świecie. Ich wpływ na społeczeństwo może być znaczny, zwłaszcza w kontekście globalizacji, migracji oraz zmian klimatycznych. Choroby te mogą rozprzestrzeniać się szybko i efektywnie, co wymaga zastosowania nowoczesnych narzędzi monitorujących i kontrolujących. W tym kontekście, technologie mobilne mogą odegrać kluczową rolę w zapobieganiu oraz kontrolowaniu rozprzestrzeniania się chorób zakaźnych. W artykule tym omówione zostaną zarówno korzyści, jak i ograniczenia wynikające z wykorzystania technologii mobilnych w monitorowaniu i zwalczaniu chorób zakaźnych, takich jak aplikacje do śledzenia kontaktów, systemy gromadzenia danych epidemiologicznych oraz platformy wspierające edukację zdrowotną.

Słowa kluczowe: *technologie mobilne, choroby zakaźne, monitorowanie zdrowia, aplikacje mobilne*

INTRODUCTION

Technological advancement over recent decades, particularly the dynamic development of mobile technologies, has significantly influenced how public health activities are conducted. These technologies play a particularly important role in monitoring infectious diseases, where the speed of data acquisition, processing, and sharing is a crucial element of an effective epidemiological response (1). Mobile devices, combined with dedicated applications and data analysis systems, enable not only the

WSTĘP

Postęp technologiczny ostatnich dekad, a zwłaszcza dynamiczny rozwój technologii mobilnych, znacząco wpłynął na sposób prowadzenia działań z zakresu zdrowia publicznego. Szczególnie istotną rolę pełnią one w monitorowaniu chorób zakaźnych, gdzie szybkość pozyskiwania, przetwarzania i udostępniania danych stanowi kluczowy element skutecznej reakcji epidemiologicznej (1). Urządzenia mobilne, w połączeniu z dedykowanymi aplikacjami i systemami analizy danych, umożliwiają nie tylko natychmiastowe gromadzenie in-

immediate collection of health-related information but also its real-time analysis and transmission to appropriate institutions (2).

The importance of this topic has grown especially in the context of global health crises such as COVID-19, which highlighted the need for rapid and efficient communication, epidemiological surveillance, and integrated health data management systems. In such conditions, mobile technologies have proven to be not only a support for traditional healthcare models but also a tool enabling innovative approaches to prevention, diagnosis, and treatment of infectious diseases (3).

The aim of this paper is to discuss specific areas of mobile technology applications in infectious disease monitoring through selected examples of implemented applications. The main areas of use will be presented, including support for epidemiological surveillance, improved accessibility of healthcare services, enhanced communication between patients and medical staff, and support for educational and preventive efforts.

The choice of this topic is driven by the growing scale of challenges related to the global spread of infectious diseases and the need to develop modern, scalable, and effective public health solutions. Understanding the potential of mobile technologies in this context is of key importance for decision-makers, public health practitioners, and health policy makers.

The article analyzes selected mobile applications that played a key role in infectious disease monitoring (Table 1). The selection of these applications is not accidental; they are examples of tools that not only gained popularity but also proved effective in combating the pandemic and other infectious diseases. These examples illustrate the diversity of approaches and technologies used in disease spread monitoring. The article highlights both benefits, such as improved efficiency in contact tracing and faster public notifications, and limitations related to privacy issues, technology accessibility, and variations in legal frameworks. Analyzing these applications allows for a better understanding of their impact on health systems and provides insight into their potential future development.

formacji zdrowotnych, ale również ich bieżącą analizę i przesyłanie do odpowiednich instytucji (2).

Znaczenie tego zagadnienia wzrosło szczególnie w kontekście globalnych kryzysów zdrowotnych, takich jak COVID-19, które uwidoczniły potrzebę szybkiej i efektywnej komunikacji, nadzoru epidemiologicznego oraz zintegrowanych systemów zarządzania danymi zdrowotnymi. Technologie mobilne okazały się w tych warunkach nie tylko wsparciem dla tradycyjnych modeli opieki zdrowotnej, ale również narzędziem umożliwiającym nowatorskie podejścia do prewencji, diagnostyki i leczenia chorób zakaźnych (3).

Celem niniejszego opracowania jest omówienie poszczególnych obszarów zastosowań technologii mobilnych w obszarze monitorowania chorób zakaźnych na wybranych przykładach wdrożonych aplikacji. Przedstawione zostaną główne obszary ich zastosowania, w tym wspomaganie nadzoru epidemiologicznego, zwiększenie dostępności usług zdrowotnych, poprawa komunikacji między pacjentami a personelem medycznym oraz wspieranie działań edukacyjnych i profilaktycznych.

Wybór tego tematu podyktowany jest rosnącą skalą wyzwań związanych z globalnym rozprzestrzenianiem się chorób zakaźnych oraz potrzebą opracowywania nowoczesnych, skalowalnych i efektywnych rozwiązań w zakresie zdrowia publicznego. Zrozumienie potencjału technologii mobilnych w tym kontekście ma istotne znaczenie zarówno dla decydentów, jak i praktyków zdrowia publicznego oraz twórców polityk zdrowotnych.

W artykule analizowane są wybrane aplikacje mobilne, które odegrały kluczową rolę w monitorowaniu chorób zakaźnych (Tab. 1). Wybór tych aplikacji nie jest przypadkowy; są to przykłady narzędzi, które nie tylko zyskały popularność, ale również wykazały skuteczność w walce z pandemią i innymi chorobami zakaźnymi. Przykłady te ilustrują różnorodność podejść i technologii wykorzystywanych w monitorowaniu rozprzestrzeniania się chorób. Artykuł podkreśla zarówno korzyści, takie jak zwiększenie efektywności śledzenia kontaktów i szybsze informowanie społeczeństwa, jak i ograniczenia wynikające z kwestii prywatności, dostępności technologii oraz różnorodności w aktach prawnych. Analiza tych aplikacji pozwala na lepsze zrozumienie ich wpływu na systemy zdrowotne oraz odniesienie się do możliwości ich dalszego rozwoju w przyszłości.

Table 1. Comparative table of key mobile applications used for infectious disease surveillance.
 Tabela 1. Tabela porównawcza kluczowych aplikacji mobilnych używanych do monitorowania chorób zakaźnych

App name	Year of Launch	Technologies Used	Main Functions	Context of Use	Public Health Functions	Implementation of Key Functions
HealthMap	2006 (USA)	Web scraping, data analytics	Global disease mapping, trend analysis	Global epidemic monitoring	Early detection of outbreaks	Effectively identified new outbreaks via data aggregation and visualization from multiple sources
Corona-Warn-App	2020 (Germany)	Bluetooth, data decentralization	Contact tracing, anonymous exposure notifications	COVID-19	Risk identification, public alerts	Maintained privacy, promoted nationally by government
mHero	2014 (Liberia)	SMS, USSD, 2G	Communication with health workers	Africa, e.g. Liberia	Health education, symptom reporting	Enabled rapid symptom reporting from health workers in low-connectivity areas
Go.Data	2019 (WHO)	Web and mobile, databases	Contact tracing, anonymous exposure notifications	Crisis management teams	Epidemic control, case tracking	Supported fast and efficient contact tracing by epidemiological teams
Aarogya Setu	2020 (India)	Bluetooth, GPS	Exposure alerts, self-assessment, official health info	COVID-19	Education, contact tracing, hotspot mapping	Achieved mass-scale deployment; mandatory in many sectors
Flu Near You	2011 (USA)	Crowdsourcing, mapy interaktywne	Flu symptom reporting by users	Seasonal flu monitoring	Early detection and trend surveillance	Enabled citizens to participate in seasonal flu monitoring
SwissCovid	2020 (Switzerland)	Bluetooth (DP-3T)	Privacy-preserving contact tracing	COVID-19	Anonymous notifications, decentralized data management	Gained public trust by ensuring full anonymity
mHealth	2013 (Tanzania)	SMS, USSD	Communication with mothers, vaccination reminders	Maternal and child health in rural Tanzania	Health education, maternal/child health monitoring	Effective increase in the number of vaccinations and prenatal examinations in rural regions
TraceTogether	2020 (Singapur)	Bluetooth	Contact tracing, encrypted IDs, automated notifications	COVID-19, mandatory in public spaces	Rapid exposure identification, support for isolation/testing	Used by ~80% of population; success aided by mandatory public use

BENEFITS OF USING MOBILE
TECHNOLOGIES.
APPLICATIONS OF MOBILE
TECHNOLOGIES IN PUBLIC HEALTH
PROTECTION

Automated contact tracing. Mobile technologies, especially Bluetooth-based applications, enable the automatic detection of contacts between users. This feature was widely used during the COVID-19 pandemic to limit virus transmission. One example is the *TraceTogether* app in Singapore, which recorded close contacts between users (4), as well as the German *Corona-Warn-App*, which used a decentralized system to inform users about potential exposure (5). The effectiveness of *TraceTogether* stemmed from several key factors. Firstly, the app was introduced very early during the COVID-19 pandemic, which allowed for quick containment of the virus spread. Secondly, the Singaporean government strongly promoted its use, resulting in a high adoption rate. According to official data, over 80% of Singapore residents downloaded the app, making it one of the most widely used contact tracing applications in the world. Additionally, the use of *TraceTogether* became mandatory in many public spaces in Singapore, further enhancing its effectiveness (4).

Meanwhile, *Corona-Warn-App*, which also used Bluetooth technology for contact tracing, contributed to identifying potential infections and provided users with up-to-date risk information. Its effectiveness surpassed that of similar tools thanks to its open-source nature and high level of public trust. Within the first 24 hours of its release, it was downloaded over 6.5 million times, and approximately 13 million times within nine days. Studies showed that the app had a real impact on reducing virus transmission – users who received exposure notifications were quicker to get tested and self-isolate, thereby shortening infection chains (6).

In the context of COVID-19, the *SwissCovid* app in Switzerland proved effective in contact tracing and identifying potential infection hotspots. The app was designed to protect user privacy, which increased trust and adoption (7). Furthermore, such applications can collect geolocation data, enabling risk monitoring in specific geographic areas. This data can be used to predict increases in case numbers and initiate preventive actions.

At the global level, especially in Africa and Asia, innovative applications are being implemented as key tools for monitoring endemic diseases and managing health crises. These digital platforms aim to improve the efficiency of epidemic response, enabling faster detection, tracking, and control of disease spread –

KORZYŚCI Z WYKORZYSTANIA
TECHNOLOGII MOBILNYCH.
ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII
MOBILNYCH W OCHRONIE ZDROWIA
PUBLICZNEGO

Automatyczne śledzenie kontaktów. Technologie mobilne, zwłaszcza aplikacje oparte na Bluetooth, umożliwiają automatyczne wykrywanie kontaktów pomiędzy użytkownikami. Funkcjonalność ta została szeroko wykorzystana w czasie pandemii COVID-19 w celu ograniczania transmisji wirusa. Przykładem jest aplikacja *TraceTogether* w Singapurze, która rejestrowała bliskie kontakty między użytkownikami (4), a także niemiecka aplikacja *Corona-Warn-App*, która w oparciu o zdecentralizowany system informowała użytkowników o możliwym narażeniu (5). Skuteczność *TraceTogether* wynika z kilku kluczowych czynników. Po pierwsze, aplikacja została wprowadzona bardzo wcześnie podczas pandemii COVID-19, co pozwoliło na szybkie ograniczenie rozprzestrzeniania się wirusa. Po drugie, rząd Singapuru intensywnie promował jej stosowanie, co przełożyło się na wysoki poziom adopcji. Według oficjalnych danych, aplikacja została pobrana przez ponad 80% mieszkańców Singapuru, co uczyniło ją jedną z najpowszechniej używanych aplikacji tego typu na świecie. Dodatkowo, w Singapurze używanie aplikacji *TraceTogether* stało się obowiązkowe w wielu miejscach publicznych, co jeszcze bardziej zwiększyło jej skuteczność (4).

Z kolei *Corona-Warn-App* to narzędzie, wykorzystujące technologię Bluetooth do śledzenia kontaktów, przyczyniło się do identyfikacji potencjalnych zakażeń oraz dostarczało użytkownikom aktualnych informacji o ryzyku ekspozycji. Skuteczność aplikacji była większa niż podobnych rozwiązań dzięki otwartemu kodowi źródłowemu i wysokiemu poziomowi zaufania społecznego. Już w pierwszych 24 godzinach od udostępnienia odnotowano ponad 6,5 mln pobrań, a w ciągu pierwszych 9 dni – około 13 mln. Badania wykazały, że aplikacja ta miała realny wpływ na ograniczenie transmisji wirusa – użytkownicy, którzy otrzymywali powiadomienia o kontakcie z osobą zakażoną, podejmowali szybciej decyzję o wykonaniu testu i samoizolacji, co przekładało się na skrócenie łańcuchów zakażeń (6).

W kontekście COVID-19, aplikacja taka jak *SwissCovid* w Szwajcarii wykazały wysoką skuteczność w śledzeniu kontaktów i identyfikacji potencjalnych ognisk zakażeń. Narzędzie to zostało zaprojektowane w sposób zapewniający ochronę prywatności użytkowników, co zwiększyło poziom zaufania i adopcję aplikacji (7). Dodatkowo, aplikacje takie mogą gromadzić dane geolokalizacyjne, co umożliwia monitorowanie zagrożeń w określonych rejonach geograficznych. Takie dane mogą być wykorzystywane do prze-

particularly crucial in regions with limited access to traditional medical resources and infrastructure (8).

One example is *mHero*, launched in Liberia in 2014 in response to the Ebola outbreak. The app gained wide recognition for enabling real-time communication between healthcare workers at all levels – from primary care facilities to public health centers. *mHero* is based on SMS and mobile technology, making it accessible even in regions with limited internet infrastructure, typical for countries with low technological development. Thanks to this technology, healthcare workers could report Ebola cases, send data on new infections, monitor patient conditions, and coordinate field interventions. Using *mHero* during the Ebola epidemic allowed for the near-instantaneous flow of epidemiological information, enabling quicker decisions and preventive actions such as isolating patients, implementing quarantines, and distributing personal protective equipment. The app played a crucial role in more effective crisis management in Liberia, improving outbreak monitoring and coordination, which directly impacted the reduction of infections and deaths (9).

Another internationally recognized example is the *Go.Data* application (launched in 2014), developed by the World Health Organization (WHO). *Go.Data* is an advanced tool used in many countries for managing epidemiological data and contact tracing during outbreaks. It was developed with infectious diseases in mind, including COVID-19, Marburg virus disease, Ebola virus disease (EVD), and other endemic diseases. The application enables real-time data collection, analysis, and monitoring, facilitating quick identification of new disease clusters and their potential sources.

Data in *Go.Data* are collected via standardized epidemiological interview forms, lab reports, and field notifications – both online and offline – and then centrally analyzed within the system. This allows for integrated case tracking and identification of transmission chains. *Go.Data* is used to trace infected individuals' contacts, identify those who may have been exposed, and assess the risk of further disease spread. A key feature of *Go.Data* is its ability to integrate with other crisis management systems, allowing for seamless information exchange between agencies, organizations, and governments. Such collaboration enables effective epidemiological data management and helps coordinate efforts such as testing, patient isolation, vaccine distribution, and public education (10).

A common feature of apps like *mHero* and *Go.Data* is their potential to improve response speed and effectiveness during epidemics. In regions often facing limited health infrastructure, these digital

widywania wzrostu liczby zachorowań i podejmowania działań prewencyjnych.

Na poziomie globalnym, zwłaszcza w Afryce i Azji, wdrażane są innowacyjne aplikacje, które stanowią kluczowe narzędzia w monitorowaniu chorób endemicznych oraz w zarządzaniu kryzysami zdrowotnymi. Te cyfrowe platformy mają na celu poprawę efektywności odpowiedzi na epidemie, umożliwiając szybsze wykrywanie, śledzenie i kontrolowanie rozprzestrzeniania się chorób, co jest szczególnie istotne w regionach z ograniczonym dostępem do tradycyjnych zasobów medycznych i infrastruktury zdrowotnej (8).

Jednym z przykładów takiej aplikacji jest *mHero*, która została wdrożona w 2014 roku w Liberii w odpowiedzi na epidemię Eboli. Aplikacja zyskała szerokie uznanie ze względu na zdolność umożliwienia komunikacji w czasie rzeczywistym pomiędzy pracownikami służby zdrowia na różnych szczeblach – od placówek opieki podstawowej po centra zdrowia publicznego. *mHero* opiera się na technologii SMS i mobilnej, co czyni ją dostępną nawet w regionach o ograniczonej infrastrukturze internetowej, typowych dla krajów o niskim poziomie rozwoju technologicznego. Dzięki tej technologii, pracownicy służby zdrowia mogą raportować przypadki Eboli, przysyłać dane dotyczące nowych zachorowań, monitorować stan pacjentów oraz koordynować działania interwencyjne w terenie. Zastosowanie *mHero* w czasie epidemii Eboli umożliwiło niemal natychmiastowy przepływ informacji na temat sytuacji epidemiologicznej, co pozwalało na szybsze podejmowanie decyzji oraz wdrażanie odpowiednich działań zapobiegawczych. Należało do nich m.in. izolowanie chorych, wdrażanie kwarantanny oraz dystrybucja środków ochrony osobistej. Aplikacja *mHero* odegrała kluczową rolę w efektywniejszym zarządzaniu kryzysem zdrowotnym w Liberii, przyczyniając się do poprawy monitorowania epidemii oraz koordynacji działań w odpowiedzi na rozprzestrzenianie się wirusa, co miało bezpośredni wpływ na zmniejszenie liczby zakażeń i śmierci (9).

Innym przykładem, który zdobył międzynarodowe uznanie, jest aplikacja *Go.Data* (uruchomiona w 2014 roku), rozwijana przez Światową Organizację Zdrowia (World Health Organization, WHO). *Go.Data* to zaawansowane narzędzie wykorzystywane w wielu krajach do zarządzania danymi epidemiologicznymi i śledzenia kontaktów podczas epidemii. Została opracowana z myślą o chorobach zakaźnych, takich jak COVID-19, gorączka Marburg, gorączka krwotoczna Ebola, a także inne choroby endemiczne. Aplikacja ta umożliwia zbieranie, analizowanie i monitorowanie danych w czasie rzeczywistym, co pozwala na szybkie identyfikowanie nowych ognisk chorób oraz ich potencjalnych źródeł.

tools offer invaluable support by enabling remote health monitoring and easy information sharing among medical staff and authorities.

Despite their success, implementing these applications in countries with varying technological development levels poses challenges. Examples like *mHero* and *Go.Data* demonstrate how important it is to adapt technology to local conditions, especially in public health contexts and when protecting citizen privacy.

The *Aarogya Setu* app, developed by the Government of India in 2020, played a key role in the fight against COVID-19, becoming one of the most important tools for infection risk monitoring. The app's primary function was to track users' contacts with individuals potentially exposed to the coronavirus. Using Bluetooth and GPS technology, *Aarogya Setu* was able to identify close contacts and alert users if they had interacted with someone who tested positive for COVID-19. A crucial element of the app's success was its massive adoption. Within the first few weeks of launch, *Aarogya Setu* was downloaded by over 100 million users, covering a significant portion of India's population. This created a broad data base for identifying new infection hotspots and responding more quickly to virus spread. The app was also integrated with government health monitoring systems, enabling faster reactions to emerging threats. Moreover, *Aarogya Setu* provided users with information about available testing, isolation facilities, and up-to-date public health guidelines, aiming not only to monitor health status but also to educate the public about the virus and prevention strategies. Thanks to integration with other government initiatives, the app became a central tool in India's health crisis management. However, despite its popularity, the app faced controversy. Concerns about user privacy and the data collected by the app were widely debated. Some critics feared that large-scale personal data collection could infringe on citizens' privacy, despite government assurances that data was anonymized and used exclusively for epidemic-related purposes (11). Despite these controversies, *Aarogya Setu* received broad recognition for its role in detecting and tracking the spread of COVID-19, which helped accelerate preventive actions and increase public health awareness (12).

Mobile contact tracing technologies can significantly accelerate public health responses, which is critical for limiting the spread of infectious diseases. In traditional methods, several days could pass from identifying an infected person to notifying their contacts. With mobile apps, this time is reduced to hours or even minutes. Automatically

Dane w *Go.Data* zbierane są za pośrednictwem standaryzowanych formularzy wywiadów epidemiologicznych, raportów laboratoryjnych oraz zgłoszeń terenowych – zarówno online, jak i offline – a następnie centralnie analizowane w systemie. Umożliwia to zintegrowane śledzenie przypadków oraz identyfikację łańcuchów transmisji. *Go.Data* jest wykorzystywana do śledzenia kontaktów osób zakażonych, identyfikowania osób, które mogły mieć z nimi kontakt, oraz oceny ryzyka dalszego rozprzestrzeniania się choroby. Kluczową cechą *Go.Data* jest jej zdolność do integracji z innymi systemami zarządzania kryzysowego, co pozwala na spójną wymianę informacji między różnymi agencjami, organizacjami i rządami. Dzięki takiej współpracy, aplikacja umożliwia efektywne zarządzanie danymi epidemiologicznymi, a także pomaga w monitorowaniu i koordynowaniu działań, takich jak testowanie, izolacja chorych, rozprowadzanie szczepionek czy edukacja społeczna (10).

Wspólną cechą tych aplikacji, takich jak *mHero* i *Go.Data*, jest ich potencjał w poprawie szybkości reakcji i skuteczności działań w obliczu epidemii. W regionach, które często borykają się z ograniczoną infrastrukturą zdrowotną, te narzędzia cyfrowe stanowią niezwykle cenne wsparcie, umożliwiając zdalne monitorowanie sytuacji zdrowotnej, łatwe przysyłanie informacji między pracownikami medycznymi i rządami.

Mimo sukcesów, jakie odniosły te aplikacje, ich wdrażanie w krajach o różnych poziomach rozwoju technologicznego wiąże się z wyzwaniami. Przykłady takie jak *mHero* i *Go.Data* pokazują, jak ważne jest dostosowanie technologii do lokalnych warunków, co jest szczególnie istotne w kontekście zdrowia publicznego i ochrony prywatności obywateli.

Aplikacja *Aarogya Setu*, opracowana przez rząd Indii w 2020 roku, odegrała kluczową rolę w walce z pandemią COVID-19, stanowiąc jedno z najważniejszych narzędzi do monitorowania zagrożenia zakażeniem. Główna funkcjonalność aplikacji polegała na śledzeniu kontaktów użytkowników z osobami, które mogły być narażone na zakażenie koronawirusem. Dzięki wykorzystaniu technologii Bluetooth oraz GPS, *Aarogya Setu* była w stanie zidentyfikować bliskie kontakty i ostrzegać użytkowników, jeśli mieli oni styczność z osobami, które miały pozytywny wynik testu na COVID-19. Jednym z najważniejszych elementów sukcesu aplikacji było jej masowe zastosowanie. Już w pierwszych tygodniach od uruchomienia, *Aarogya Setu* została pobrana przez ponad 100 milionów użytkowników, co stanowiło znaczną część populacji Indii. Dzięki temu aplikacja zyskała szeroką bazę danych, która mogła być wykorzystana do identyfikowania nowych ognisk zakażeń i szybciej reagować na rozprzestrzenianie się wirusa. Aplikacja była również powiązana z rządowymi systemami monitorowania zdrowia,

notifying exposed individuals allows for rapid isolation, reducing further transmission risk. These technologies are especially useful for infectious diseases with long incubation periods or those spread by asymptomatic individuals. In such cases, infected individuals may be unaware of their condition and unknowingly transmit the virus. Mobile apps can quickly identify and warn such individuals, enabling early preventive measures (13). An example of contact tracing effectiveness is South Korea, where digital tracking systems based on mobile phone data, credit card transactions, and surveillance enabled quick reduction in COVID-19 cases. Despite privacy concerns, this approach proved effective in combating the epidemic (14).

Contact tracing via mobile technology is a valuable tool in fighting infectious diseases. These applications show that using Bluetooth to automatically detect contacts can significantly enhance health service responses and limit virus spread. However, ensuring wide adoption and building public trust remain key challenges in realizing their full potential in public health protection.

Monitoring of media, search trends, and social media for outbreak/epidemic detection. Mobile technologies are effective tools for the early detection of infectious disease outbreaks. By collecting and analyzing data in real time, it becomes possible to quickly identify emerging health threats (15). Systems such as HealthMap can process data from various sources, including social media, news reports, travel data, laboratory information, and international organizations. This enables the detection of disease outbreaks before they become widely spread (16).

A notable example is the Zika pandemic in 2015, which demonstrated how rapid outbreak detection can aid in containment. Through the analysis of social media data, HealthMap identified the first cases of Zika even before clinical diagnoses began. This allowed international health agencies to take faster action in the regions affected by the Zika virus (17).

Another example of such a solution is the French app *TousAntiCovid*. One of the key features of the app is its integration with user-generated data – both through a public space presence registration system (*TousAntiCovid Signal*) and passive data collection mechanisms related to user activity (e.g., frequency of logins, certificate downloads, use of QR codes). This type of information can serve as an early indicator of social behavior changes, potentially signaling local outbreak clusters. Additionally, the app functions as an information channel, disseminating official epidemiological data and public health announcements. User interactions with this content – the number of views, update

co pozwalało na szybszą reakcję w przypadku wykrycia potencjalnych zagrożeń. Dodatkowo, Aarogya Setu oferowała użytkownikom informacje o dostępnych testach, miejscach izolacji oraz aktualnych wytycznych dotyczących zdrowia publicznego, co miało na celu nie tylko monitorowanie stanu zdrowia, ale także edukację społeczną na temat koronawirusa i jego zapobiegania. Dzięki integracji z innymi inicjatywami rządu, aplikacja stała się kluczowym narzędziem w zarządzaniu kryzysem zdrowotnym w Indiach. Jednakże, pomimo swojej szerokiej popularności, aplikacja nie była wolna od kontrowersji. Wątpliwości dotyczące prywatności użytkowników oraz zbieranych przez aplikację danych były przedmiotem debat. Niektórzy krytycy wyrażali obawy, że masowe gromadzenie danych osobowych mogło naruszać prywatność obywateli, mimo zapewnień rządu, że dane te były anonimowe i używane wyłącznie w celach związanych z epidemią (11). Mimo tych kontrowersji, aplikacja Aarogya Setu zyskała szerokie uznanie za swoją rolę w szybkim wykrywaniu i śledzeniu rozprzestrzeniania się COVID-19, co pomogło w szybszym podejmowaniu działań zapobiegawczych, a także zwiększeniu świadomości społecznej w zakresie zachowań prozdrowotnych (12).

Technologie mobilne do śledzenia kontaktów mogą znacząco przyspieszyć reakcję służb zdrowia, co jest kluczowe dla ograniczenia rozprzestrzeniania się chorób zakaźnych. W tradycyjnych metodach, od momentu zidentyfikowania osoby zakażonej do poinformowania jej kontaktów mogło minąć nawet kilka dni. W przypadku aplikacji mobilnych ten czas jest skrócony do kilku godzin lub nawet minut. Automatyczne powiadamianie osób narażonych na zakażenie pozwala na ich szybkie odizolowanie, co zmniejsza ryzyko dalszej transmisji choroby. Technologie te są szczególnie przydatne w przypadku chorób zakaźnych, które mają długi okres inkubacji lub są przenoszone przez osoby bezobjawowe. W takich sytuacjach osoby zarażone mogą nie być świadome swojego stanu zdrowia i nieświadomie rozprzestrzeniać wirusa. Dzięki aplikacjom mobilnym osoby te mogą zostać szybko zidentyfikowane i ostrzeżone o ryzyku, co pozwala na podjęcie działań prewencyjnych (13). Przykładem efektywności aplikacji do śledzenia kontaktów jest sytuacja w Korei Południowej, gdzie systemy cyfrowego śledzenia, oparte na danych z telefonów komórkowych, transakcjach kartami płatniczymi oraz monitoringu, umożliwiły szybkie ograniczenie liczby przypadków zakażeń COVID-19. Mimo kontrowersji związanych z ochroną prywatności, podejście to okazało się skuteczne w walce z epidemią (14).

Śledzenie kontaktów za pomocą technologii mobilnych jest jednym z narzędzi w walce z chorobami zakaźnymi. Aplikacje pokazują, że wykorzystanie technologii Bluetooth do automatycznego wykrywania kontaktów może znacząco przyspieszyć reakcję służb

frequency, user reactions – can be analyzed in real time as proxy indicators of public concern, growing interest in specific symptoms, or increased awareness of virus transmission in a given region. From the perspective of monitoring trends and population behavior, *TousAntiCovid* serves as an integrated tool combining sanitary surveillance functions, an information distribution channel, and a passive barometer of public sentiment. Although the app does not directly analyze data from social media or internet searches, its usage aligns with the broader trend of leveraging digital data for early outbreak detection and modeling pathogen spread (18).

Poland's *STOP COVID* app (formerly *ProteGO Safe*) is another example of a tool that integrated monitoring functions with extensive informational outreach. In addition to its core module for anonymously tracing contacts with individuals infected with SARS-CoV-2, the app provided users with access to up-to-date epidemiological data. These included daily confirmed case numbers, diagnostic testing volumes, and interactive maps showing the distribution of outbreaks at the regional level.

This kind of real-time data visualization not only increased public awareness of the scale and dynamics of the threat but also enabled users to make more informed decisions regarding daily health behaviors and mobility. These functions were part of a broader trend in which mobile apps were used not only to support direct infection prevention but also to facilitate risk communication and help local communities adapt to a changing epidemic landscape (19).

Patient data collection. An important function of mobile applications is enabling patients to independently input data regarding their health status, symptoms, or test results. Such solutions provide significant support for both individuals and the healthcare system. On the user side, these apps facilitate real-time symptom monitoring, reminders about health-related responsibilities (e.g., taking medications, performing measurements, maintaining isolation), and better management of personal health. From a public health perspective, the data collected in this way provides valuable epidemiological insights that can be used to analyze trends, identify disease outbreaks, and assess the effectiveness of preventive actions.

For example, the Polish app *ProteGO Safe* allowed users to manually report positive COVID-19 test results, supporting contact tracing systems and enabling faster notification of potentially exposed individuals. Another example is the *mySugr* application, popular among people with diabetes, which serves as a digital health diary. It allows not

zdrowia i ograniczyć rozprzestrzenianie się wirusów. Jednak kluczowym wyzwaniem pozostaje zapewnienie szerokiego zasięgu takich aplikacji oraz budowanie zaufania społecznego, co jest niezbędne dla osiągnięcia ich pełnego potencjału w ochronie zdrowia publicznego.

Monitorowanie mediów, trendów wyszukiwań, mediów społecznościowych w celu wykrywania ognisk/epidemii. Technologie mobilne stanowią skuteczne narzędzie do wczesnego wykrywania ognisk chorób zakaźnych. Dzięki zbieraniu i analizowaniu danych w czasie rzeczywistym możliwe jest szybkie rozpoznanie nowo pojawiających się zagrożeń zdrowotnych (15). Systemy takie jak *HealthMap* mogą przetwarzać dane pochodzące z różnych źródeł, takich jak media społecznościowe, raporty prasowe, dane z podróży, informacje z laboratoriów oraz organizacji międzynarodowych, co pozwala na wykrycie ognisk chorób przed ich szerokim rozprzestrzenieniem się (16).

Przykładem jest pandemia Zika w 2015 roku, która pokazuje, jak szybkie wykrywanie ognisk chorób może pomóc w ich opanowaniu. Dzięki analizie danych z mediów społecznościowych, *HealthMap* zidentyfikował pierwsze przypadki Ziki jeszcze przed rozpoczęciem diagnozy. To umożliwiło międzynarodowym agencjom zdrowotnym podjęcie szybszych działań w regionach dotkniętych wirusem Zika (17).

Przykładem takiego rozwiązania jest również francuska aplikacja *TousAntiCovid*. Jednym z kluczowych aspektów aplikacji jest jej integracja z danymi generowanymi przez użytkowników – zarówno poprzez system rejestracji obecności w przestrzeni publicznej (*TousAntiCovid Signal*), jak i mechanizmy pasywnego gromadzenia danych o aktywności użytkowników (np. częstotliwość logowania, pobierania certyfikatów, użycia kodów QR). Tego typu informacje mogą służyć jako wczesne wskaźniki zmian zachowań społecznych, potencjalnie sygnalizujących lokalne ogniska zakażeń. Dodatkowo, aplikacja pełni funkcję kanału informacyjnego, rozpowszechniając oficjalne dane epidemiologiczne oraz komunikaty zdrowia publicznego. Interakcje z tymi treściami – liczba odsłon, częstotliwość aktualizacji, reakcje użytkowników – mogą być analizowane w czasie rzeczywistym jako proksymalne wskaźniki niepokoju społecznego, rosnącego zainteresowania konkretnymi objawami lub wzrostu świadomości dotyczącej transmisji wirusa w danym regionie. Z perspektywy monitorowania trendów i zachowań populacyjnych, *TousAntiCovid* stanowi przykład zintegrowanego narzędzia łączącego funkcje nadzoru sanitarnego, kanału dystrybucji informacji oraz pasywnego barometru nastrojów społecznych. Choć aplikacja nie analizuje bezpośrednio danych z mediów społecznościowych czy wyszukiwań internetowych, jej użycie wpisuje się w szerszy nurt wykorzystania danych cy-

only manual data entry but also automatic data collection from compatible medical devices (such as glucometers), offering a model for future tools aimed at infectious disease prevention (20).

The use of mobile apps such as Flu Near You, which allows users to report flu-like symptoms, makes it possible to immediately monitor seasonal spikes in illnesses and predict the development of epidemics. This application, used in the United States to monitor flu occurrences at the state level, enabled precise tracking of infection surges. By collecting data on infection levels, the app supported vaccination campaigns and allowed for targeted preventive measures in high-risk regions. Furthermore, in other countries, the app was used to monitor additional seasonal diseases, such as the common cold, and in regions with a high risk of emerging epidemics. Flu Near You represents a vital tool in modern infectious disease surveillance, transforming the approach to epidemiological oversight. The use of mobile technology allows for real-time data collection, significantly enhancing the effectiveness of public health interventions by enabling quicker responses to evolving threats and improving management of health measures (21).

Support for healthcare systems and medical communication. In regions where access to traditional healthcare is limited due to infrastructural, geographic, or economic challenges, mobile technologies can play a crucial role in improving the availability of medical services. In such areas – where there is a lack of healthcare facilities or even basic access to physicians – mobile technologies enable remote consultations, diagnostics, and health monitoring, thereby broadening access to healthcare services (22).

According to the World Health Organization, telemedicine refers to the provision of healthcare services at a distance through information technologies, for the purpose of diagnosis, treatment, disease prevention, research, and education, aimed at improving individual and community health (23). Telemedicine platforms such as Telemedycyna Polska offer patients the ability to consult with doctors without the need for physical presence in a medical facility (24). These solutions allow patients to discuss symptoms remotely, receive advice, and even obtain e-prescriptions – an especially valuable option in areas with limited access to specialists. Such platforms have become indispensable during health crises like the COVID-19 pandemic, when visiting healthcare facilities posed a risk of infection.

During the pandemic, telemedicine and mobile technologies became essential tools in public health management. Remote consultations enabled the quick

frowych do wczesnego wykrywania ognisk zakażeń i modelowania rozprzestrzeniania się patogenów (18).

Również polska aplikacja STOP COVID (wcześniej ProteGO Safe) stanowiła przykład narzędzia integrującego funkcje monitorujące z szeroko zakrojoną działalnością informacyjną. Oprócz podstawowego modułu służącego do anonimowego śledzenia kontaktów z osobami zakażonymi wirusem SARS-CoV-2, aplikacja oferowała użytkownikom dostęp do aktualizowanych na bieżąco danych epidemiologicznych. Wśród prezentowanych informacji znajdowały się m.in. dzienne liczby potwierdzonych przypadków zakażeń, wykonanych testów diagnostycznych oraz interaktywne mapy ukazujące rozmieszczenie ognisk choroby na poziomie regionalnym.

Tego rodzaju wizualizacja danych w czasie rzeczywistym nie tylko zwiększała świadomość społeczną dotyczącą skali i dynamiki zagrożenia, lecz także umożliwiała użytkownikom podejmowanie lepiej poinformowanych decyzji w zakresie codziennych zachowań zdrowotnych i przemieszczania się. Funkcje te wpisywały się w szerszy trend wykorzystywania aplikacji mobilnych jako narzędzi wspierających nie tylko bezpośrednią prewencję zakażeń, lecz także komunikację ryzyka oraz adaptacyjne reagowanie społeczności lokalnych na zmieniającą się sytuację epidemiczną (19).

Zbieranie danych od pacjentów. Ważną funkcją aplikacji mobilnych jest umożliwienie pacjentom samodzielnego wprowadzania danych na temat stanu zdrowia, objawów czy wyników testów. Tego typu rozwiązania stanowią istotne wsparcie zarówno dla osób indywidualnych, jak i dla systemu ochrony zdrowia. Po stronie użytkownika, umożliwiają one bieżące monitorowanie objawów, przypominanie o obowiązkach zdrowotnych (np. przyjmowaniu leków, wykonywaniu pomiarów, izolacji) oraz lepsze zarządzanie własnym stanem zdrowia. Z kolei z perspektywy instytucji zdrowia publicznego, dane zbierane w ten sposób dostarczają cennych informacji epidemiologicznych, które mogą być wykorzystane do analizy trendów, identyfikacji ognisk chorób oraz oceny skuteczności działań prewencyjnych.

Przykładowo, polska aplikacja ProteGO Safe umożliwiała użytkownikom ręczne zgłaszanie pozytywnych wyników testów na COVID-19, co wspierało systemy śledzenia kontaktów i pozwalało na szybsze informowanie potencjalnie zagrożonych osób. Innym przykładem jest aplikacja mySugr, popularna wśród pacjentów z cukrzycą, która służy do prowadzenia cyfrowego dziennika zdrowia. Aplikacja ta nie tylko umożliwia ręczne wprowadzanie danych, ale także automatyczne ich zbieranie z kompatybilnych urządzeń medycznych (glukometrów), co może być wzorem dla przyszłych rozwiązań w obszarze profilaktyki chorób zakaźnych (20).

diagnosis of symptoms and reduced the number of visits to healthcare facilities, which helped to limit the spread of the virus. Patients who did not require urgent medical intervention could be monitored and treated remotely, freeing up hospital resources and allowing more efficient crisis management. Moreover, in countries with significant infrastructural challenges, these solutions enabled the continuation of medical care without the need for long travel to urban centers (25).

The implementation of mobile technologies and telemedicine in areas with limited access to traditional healthcare represents a breakthrough in the delivery of medical services. Such solutions provide patients with faster access to diagnostics, treatment, and monitoring—even in the most remote parts of the world. Thus, mobile technology becomes a vital tool in promoting healthcare equity, especially during public health emergencies.

Educational functions. Mobile technologies play a vital role in health education and in engaging communities in preventive activities. Through mobile applications, users can access reliable health information quickly, contributing to increased public awareness of epidemiological threats and ways to reduce their impact. In the context of infectious diseases, health education is key to promoting healthy behaviors and increasing the effectiveness of preventive measures (26).

One notable example of effectively using mobile technology for health education is Australia's COVIDSafe application. In addition to contact tracing, the app provided users with up-to-date epidemiological information, such as hygiene guidelines, current restrictions, and vaccination recommendations. Furthermore, it educated users about COVID-19 by offering detailed information about symptoms, methods of prevention, and procedures in case of infection. As part of its educational campaigns, the app also sent reminders about health recommendations to reinforce preventive behavior.

According to an Australian government report, COVIDSafe contributed to a significant increase in health awareness. After its launch, a 23% increase was recorded in the number of people complying with hygiene guidelines and travel restrictions. Thanks to its educational features, the Australian population was better prepared to cope with the pandemic, resulting in fewer cases and less strain on the healthcare system (27).

Apps like mySugr can serve as models for educational tools in infectious disease prevention. They could support users in daily preventive actions by:

Dzięki zastosowaniu aplikacji mobilnych, takich jak Flu Near You, które umożliwiają użytkownikom zgłaszanie objawów grypy, możliwe jest natychmiastowe monitorowanie sezonowych wzrostów zachorowań i przewidywanie rozwoju epidemii. Flu Near You to aplikacja, która była wykorzystywana w Stanach Zjednoczonych do monitorowania występowania grypy na poziomie stanowym, umożliwiając dokładne śledzenie wzrostów zachorowań. Dzięki zbieraniu danych o poziomie infekcji, aplikacja wspierała zarządzanie kampaniami szczepień oraz umożliwiała ukierunkowanie działań prewencyjnych w regionach o podwyższonym ryzyku rozprzestrzeniania się wirusa. Ponadto, w innych krajach aplikacja była stosowana do monitorowania innych chorób sezonowych, takich jak przeziębienie, a także w obszarach o wysokim ryzyku wystąpienia nowych epidemii. Aplikacja Flu Near You stanowi istotny element współczesnych narzędzi do monitorowania chorób zakaźnych, zmieniając podejście do nadzoru epidemiologicznego. Wykorzystanie technologii mobilnej pozwala na zbieranie danych w czasie rzeczywistym, co znacząco zwiększa efektywność działań w zakresie zdrowia publicznego, umożliwiając szybsze reagowanie na zmieniające się zagrożenia i poprawiając zarządzanie interwencjami zdrowotnymi (21).

Wsparcie systemu ochrony zdrowia i komunikacji medycznej. W regionach, gdzie dostęp do tradycyjnej opieki zdrowotnej jest ograniczony z powodu trudności infrastrukturalnych, geograficznych czy ekonomicznych, technologie mobilne mogą odgrywać kluczową rolę w poprawie dostępności usług medycznych. W takich rejonach, gdzie brak jest odpowiedniej liczby placówek zdrowotnych, a czasami nawet podstawowego dostępu do lekarzy, technologie mobilne umożliwiają zdalne konsultacje, diagnostykę oraz monitorowanie zdrowia, co przekłada się na szeroki dostęp do opieki zdrowotnej (22).

Telemedycyna, zgodnie z definicją Światowej Organizacji Zdrowia, to świadczenie usług zdrowotnych na odległość za pomocą technologii informacyjnych, w celu diagnozy, leczenia, profilaktyki chorób, badań oraz edukacji, poprawiając zdrowie jednostek i społeczności (23). Platformy telemedyczne, takie jak Telemedycyna Polska, oferują pacjentom możliwość konsultacji z lekarzami bez konieczności fizycznej obecności w placówce medycznej (24). Dzięki tym rozwiązaniom pacjenci mogą zdalnie omawiać swoje objawy, otrzymywać porady, a nawet uzyskiwać e-recepty, co jest szczególnie cenne w rejonach o ograniczonym dostępie do specjalistów. Takie platformy stają się niezastąpionym narzędziem w okresach kryzysów zdrowotnych, takich jak pandemia COVID-19, gdzie fizyczna obecność w placówkach zdrowotnych mogła wiązać się z ryzykiem zakażeń.

- Sending reminders to wash hands, maintain social distance, or wear masks;
- Providing real-time health updates on testing, vaccinations, or isolation rules;
- Sharing educational content in the form of short videos, infographics, and quizzes adapted to different age groups (20).

Health education through mobile technologies not only provides knowledge but can also actively engage communities in preventive efforts. Apps such as Safer Together in the U.S., integrated with public campaigns, enabled users to participate in local initiatives such as vaccination promotion and public information campaigns (28). Community engagement through mobile technologies may include:

- Creating online communities where users share experiences and support each other;
- Organizing health challenges and educational campaigns that motivate behavioral change;
- Offering access to local health resources, such as vaccination site maps or lists of current sanitary restrictions (29).

Although mobile technologies have great potential in health education and infectious disease prevention, their implementation faces several challenges:

- Ensuring a high level of privacy and data protection for users;
- Building public trust in mobile applications through operational transparency and reliable information;
- Improving accessibility for older adults and those with limited access to modern technology (30).

Effective health education apps must be tailored to local cultural and social conditions to enhance their impact and acceptance. Adapting applications to local traditions, languages, and values is crucial to help users adopt health recommendations more easily. For example, in cultures with strong traditions of folk medicine, apps could integrate modern knowledge with local healing methods to increase their acceptance (31).

Additionally, depending on the region, apps should be designed with awareness of local social structures, such as hierarchies or authority figures, which can influence the success of health education efforts. In communities with strong family ties, it may be helpful to include features that allow family members to use the app together. In places where community leaders are highly influential, apps should collaborate with them to spread health information.

Moreover, apps should be accessible to users with limited access to modern devices by using simple interfaces and ensuring compatibility with older phones. By considering these factors, apps can more

Podczas pandemii COVID-19 telemedycyna i technologie mobilne stały się kluczowymi narzędziami w zarządzaniu zdrowiem publicznym. Zdalne konsultacje pozwalały na szybkie diagnozowanie objawów oraz ograniczenie liczby wizyt w placówkach medycznych, co przyczyniło się do zmniejszenia ryzyka rozprzestrzeniania się wirusa. Dzięki telemedycynie pacjenci, którzy nie wymagali natychmiastowej interwencji medycznej, mogli być monitorowani i leczeni zdalnie, co zwalniało zasoby szpitalne i umożliwiało bardziej efektywne zarządzanie kryzysem zdrowotnym. Ponadto, w krajach o dużych trudnościach infrastrukturalnych, takie rozwiązania umożliwiły kontynuację opieki medycznej bez konieczności długotrwałych podróży do miast (25).

Wykorzystanie technologii mobilnych i telemedycyny w obszarach o ograniczonym dostępie do tradycyjnej opieki zdrowotnej stanowi przełom w sposobie dostarczania usług medycznych. Dzięki takim rozwiązaniom możliwe jest zapewnienie pacjentom szybszego dostępu do diagnostyki, leczenia i monitorowania ich zdrowia, nawet w najdalszych rejonach świata. Technologia mobilna zatem staje się istotnym narzędziem w walce o równość w dostępie do opieki zdrowotnej, zwłaszcza w okresach kryzysów zdrowotnych.

Funkcje edukacyjne. Technologie mobilne odgrywają istotną rolę w edukacji zdrowotnej oraz angażowaniu społeczności w działania profilaktyczne. Dzięki aplikacjom mobilnym użytkownicy mogą uzyskać szybki dostęp do sprawdzonych informacji na temat ochrony zdrowia, co przyczynia się do zwiększenia świadomości społecznej na temat zagrożeń epidemiologicznych i sposobów ich ograniczania. W kontekście chorób zakaźnych edukacja zdrowotna ma kluczowe znaczenie dla budowania postaw prozdrowotnych oraz zwiększania skuteczności działań prewencyjnych (26).

Jednym z przykładów efektywnego wykorzystania technologii mobilnych w edukacji zdrowotnej jest aplikacja COVIDSafe w Australii. Aplikacja ta, oprócz funkcji śledzenia kontaktów, oferowała użytkownikom dostęp do bieżących informacji epidemiologicznych, takich jak wytyczne dotyczące zachowania higieny, obowiązujące ograniczenia czy zalecenia dotyczące szczepień. Ponadto, aplikacja edukowała użytkowników na temat COVID-19, udostępniając szczegółowe informacje o symptomach, metodach zapobiegania zakażeniu oraz procedurach postępowania w przypadku wystąpienia objawów. W ramach kampanii edukacyjnych, aplikacja wysyłała również przypomnienia o zaleceniach zdrowotnych, co miało na celu zwiększenie przestrzegania zasad profilaktyki.

Według raportu australijskiego rządu, aplikacja COVIDSafe przyczyniła się do znacznego wzrostu świadomości zdrowotnej w społeczeństwie, a po jej wprowadzeniu odnotowano 23% wzrost liczby osób stosują-

effectively engage users in preventive activities and improve public health outcomes (32).

LIMITATIONS OF MOBILE TECHNOLOGIES

Infrastructure gaps and digital exclusion. The development of mobile technologies in healthcare is limited by infrastructure deficits and digital exclusion, particularly in countries with low internet access, such as Tanzania. In rural areas of Tanzania, where healthcare infrastructure is underdeveloped, health workers such as nurses, community workers, and health advisors use mobile phones to quickly transmit information about new cases of malaria and other infectious diseases. This enables real-time data collection, significantly improving epidemiological surveillance and enabling quicker responses to outbreaks (33). A key issue remains the inequality in access to technology due to financial, educational, and social barriers (34). Elderly people, rural residents, and individuals with low digital literacy – even in developed countries – are less likely to use health applications (35), as evidenced by data from Poland, where only 30% of people over the age of 60 regularly use such apps (36). The lack of digital skills is just as important as infrastructure limitations – even where technology is available, users may struggle to operate it (37). In regions such as Nigeria or India, the problem is not only internet access but also the low level of technological skills among both patients and healthcare personnel (38).

Privacy and data protection issues. Data security and privacy protection are among the main challenges for mobile health applications. The collected data – including information on location, health status, and contact history – require strong safeguards and transparency. A notable controversy surrounded India's Aarogya Setu app, criticized for its lack of transparency and mandatory use (39), while Germany's Corona-Warn-App, based on a decentralized system, enjoyed greater public trust (5). User trust in how their data is processed is critical to the success of health applications – lack of transparency can result in low acceptance, even of technologically advanced solutions (40). The introduction of international data protection standards that take into account local legal and cultural conditions is necessary to increase the acceptance and effectiveness of mobile applications worldwide (41).

Inaccurate data. Mobile applications often rely on user-entered data, increasing the risk of errors and incomplete information (42). For example, Poland's ProteGO Safe allowed manual reporting of COVID-19 test results, which – without verification – undermined the credibility of the data collected.

cych się do zaleceń higienicznych i ograniczeń podróży. Dzięki edukacyjnym funkcjom aplikacji, społeczność australijska była lepiej przygotowana do radzenia sobie z pandemią, co pozytywnie wpłynęło na zmniejszenie liczby przypadków zakażeń i obciążenie systemu opieki zdrowotnej (27).

Aplikacje takie jak mySugr mogą posłużyć jako wzór dla aplikacji edukacyjnych w zakresie profilaktyki chorób zakaźnych. Mogłyby one wspierać użytkowników w codziennych działaniach profilaktycznych poprzez:

- Przypomnienia o myciu rąk, zachowywaniu dystansu społecznego czy noszeniu maseczek.
- Dostarczanie aktualnych zaleceń zdrowotnych dotyczących testowania, szczepień czy izolacji.
- Udostępnianie materiałów edukacyjnych w formie krótkich filmów, infografik i quizów dostosowanych do różnych grup wiekowych (20)

Edukacja zdrowotna realizowana przez technologie mobilne nie tylko dostarcza wiedzy, ale również może aktywnie angażować społeczności w działania prewencyjne. Aplikacje takie jak Safer Together w USA, zintegrowane z kampaniami społecznymi, umożliwiają użytkownikom udział w lokalnych inicjatywach, takich jak promocja szczepień czy kampanie informacyjne (28). Wykorzystanie technologii mobilnych do angażowania społeczności może obejmować:

- Tworzenie społeczności online, w których użytkownicy dzielą się swoimi doświadczeniami i wspierają się nawzajem.
- Organizowanie wyzwań i kampanii edukacyjnych, które motywują do zmiany nawyków zdrowotnych.
- Dostęp do lokalnych zasobów zdrowotnych, takich jak mapa punktów szczepień czy lista aktualnych ograniczeń sanitarnych (29).

Chociaż technologie mobilne mają ogromny potencjał w zakresie edukacji zdrowotnej i profilaktyki chorób zakaźnych, istnieją również wyzwania związane z ich wdrażaniem. Należą do nich:

- Zapewnienie wysokiego poziomu prywatności i ochrony danych użytkowników.
- Budowanie zaufania społecznego do aplikacji mobilnych poprzez transparentność działania i rzetelność informacji.
- Zwiększenie dostępności aplikacji dla osób starszych oraz tych, które mają ograniczony dostęp do nowoczesnych technologii (30).

Skuteczne aplikacje edukacyjne w zakresie zdrowia powinny być dostosowane do lokalnych uwarunkowań kulturowych i społecznych, aby zwiększyć ich efektywność i akceptację w społeczeństwie. Dostosowanie aplikacji do lokalnych tradycji, języka i wartości jest kluczowe, aby użytkownicy mogli łatwiej przyjąć zalecenia zdrowotne. Na przykład, w kulturach, gdzie silnie obecne są tradycje medycyny ludowej, aplikacje mogą

Bluetooth-based technologies also have limitations – in crowded spaces, they may record false contacts, leading to unjustified alerts (43). To improve data quality, integration of applications with healthcare systems and official databases is necessary (44), as well as the development of more precise localization methods, such as GPS, Wi-Fi, or RFID, which are especially useful in crowded environments (45). Only with high-quality data is effective monitoring and control of epidemics possible (46).

Lack of standardization. The lack of uniform standards and limited compatibility between systems significantly hinder the effective use of mobile technologies on an international scale. Differences in protocols, data formats, and integration with healthcare systems lead to inefficiencies, particularly in crisis situations (47). Examples from Poland and Canada show that the lack of integration of applications with national systems limits their effectiveness. Effective international coordination requires globally recognized technical standards – such as HL7 or FHIR – and shared databases to enable smooth information exchange and faster responses to health threats (48).

SUMMARY AND CONCLUSIONS

The use of mobile technologies in public health represents one of the most dynamically developing areas of modern digital medicine. Examples of mobile application implementations across various geographical and epidemiological contexts show that these technologies can support activities in prevention, early threat detection, epidemic management, and health education. Their usefulness is particularly evident in crisis situations such as the COVID-19 pandemic, when mobile tools enabled automatic contact tracing, remote patient monitoring, and facilitated communication among medical personnel.

However, fully realizing the potential of these solutions requires fulfilling several systemic conditions. Firstly, these technologies must be designed with the diverse needs of the population in mind – taking into account digital barriers, varying levels of technological literacy, and infrastructure availability. Otherwise, there is a risk of exacerbating health inequalities, particularly among older adults, rural residents, and those in low-income countries. Secondly, the effectiveness of mobile applications depends on the quality and integrity of the data collected. Challenges related to manual data entry and the inaccuracy of Bluetooth-based technology indicate a need for further development of more precise localization methods and integration with

integrować nowoczesną wiedzę z lokalnymi metodami leczenia, co zwiększa ich akceptację (31).

Ponadto, w zależności od regionu, aplikacje powinny być projektowane z uwzględnieniem lokalnych struktur społecznych, takich jak hierarchie i autorytety, co może wpłynąć na skuteczność edukacji zdrowotnej. W społecznościach o silnych więziach rodzinnych warto wprowadzić funkcje umożliwiające wspólne korzystanie z aplikacji, podczas gdy w miejscach, gdzie liderzy społeczni mają duży wpływ, aplikacja powinna współpracować z nimi w celu szerzenia informacji.

Dodatkowo, aplikacje powinny być dostępne również dla osób z ograniczonym dostępem do nowoczesnych technologii, poprzez proste interfejsy i kompatybilność z starszymi telefonami. Uwzględniając te czynniki, aplikacje mogą skuteczniej angażować użytkowników w działania profilaktyczne, poprawiając stan zdrowia społeczeństwa (32).

OGRANICZENIA TECHNOLOGII MOBILNYCH

Braki infrastrukturalne i wykluczenie cyfrowe.

Rozwój technologii mobilnych w ochronie zdrowia ograniczają braki infrastrukturalne oraz wykluczenie cyfrowe, zwłaszcza w krajach o niskim dostępie do internetu, takich jak Tanzania. Na obszarach wiejskich Tanzanii, gdzie infrastruktura zdrowotna jest słabo rozwinięta, pracownicy służby zdrowia, tacy jak pielęgniarki, pracownicy społeczni i doradcy zdrowotni, wykorzystują telefony komórkowe do szybkiego przesyłania informacji o nowych przypadkach malarii i innych chorób zakaźnych. Dzięki temu możliwe jest zbieranie danych w czasie rzeczywistym, co znacząco poprawia nadzór epidemiologiczny i umożliwia szybsze reagowanie na wystąpienie ognisk chorobowych (33). Kluczowym problemem pozostają nierówności w dostępie do technologii, wynikające z barier finansowych, edukacyjnych i społecznych (34). Osoby starsze, mieszkańcy obszarów wiejskich oraz osoby o niskich kompetencjach cyfrowych – również w krajach rozwiniętych – rzadziej korzystają z aplikacji zdrowotnych (35), co pokazują m.in. dane z Polski, gdzie tylko 30% osób powyżej 60. roku życia regularnie używa takich aplikacji (36). Brak kompetencji cyfrowych jest równie istotny co ograniczenia infrastrukturalne – nawet tam, gdzie technologia jest dostępna, użytkownicy mogą mieć trudności z jej obsługą (37). W regionach takich jak Nigeria czy Indie problemem pozostaje nie tylko dostępność internetu, ale i niski poziom umiejętności technologicznych zarówno wśród pacjentów, jak i personelu medycznego (38).

Problemy z prywatnością i ochroną danych. Bezpieczeństwo danych i ochrona prywatności to jedno z głównych wyzwań aplikacji mobilnych w ochronie zdrowia. Gromadzone dane – dotyczące m.in. lokaliza-

public health systems. Interoperable solutions and compliance with international standards (e.g., HL7 FHIR) are crucial to improving responsiveness to cross-border health threats. Thirdly, building public trust through transparency in data processing, voluntary user participation, and respect for privacy and ethical principles is fundamental. Examples of decentralized apps, such as Germany's Corona-Warn-App, show that it is possible to reconcile effective digital tools with high standards of personal data protection. Finally, mobile technologies should not be treated as a substitute but as a complementary tool supporting the traditional healthcare system. In this context, their integration with health policies, information systems, and public health education strategies is essential. In conclusion, mobile technologies hold great potential in supporting public health, but their effectiveness depends on rational implementation, elimination of structural barriers, and a holistic approach encompassing technological, social, legal, and ethical aspects. In the era of global health threats, they are an indispensable element of modern health policy, yet one that requires ongoing evaluation, adaptation, and regulation.

REFERENCES

1. Free C, Phillips G, Galli L, Watson L, Felix L, Edwards P. The effectiveness of mobile-health technology-based health behaviour change or disease management interventions for health care consumers: a systematic review. *PLoS Med.* 2013. doi: 10.1371/journal.pmed.1001362
 2. World Health Organization. *mHealth: new horizons for health through mobile technologies: second global survey on eHealth*. Geneva: World Health Organization
 3. Budd J, Miller BS, Manning EM, Lamos V. Digital technologies in the public-health response to COVID-19. *Nat Med.* 2020 Aug;26(8):1183–1192. doi: 10.1038/s41591-020-1011-4
 4. Lee H, Lee T. The TraceTogether Matrix Has You – Surveillance, Rationalisation and Tactics of Governance in Singapore's COVID-19 App. *Platform J Media Commun.* 2022 Dec;9(2):77-91. doi: 10.46580/p69378
 5. European Commission (2022). *Mobile Technologies and Contact Tracing Apps in the EU*. Publications Office of the European Union
 6. Wymann-Zehirovic M, Abeler J, Altmann S, Bediang G, Broers E, Coibion O, et al. The German COVID-19 digital contact tracing app: lessons learned and future implications. *Lancet Reg Health Eur.* 2021 Dec;11:100257. doi: 10.1016/j.lanepe.2021.100257
- cji, stanu zdrowia czy historii kontaktów – wymagają silnych zabezpieczeń i transparentności. Przykładem kontrowersji była indyjska aplikacja Aarogya Setu, krytykowana za brak przejrzystości i przymus stosowania (39), podczas gdy niemiecka Corona-Warn-App, oparta na zdecentralizowanym systemie, cieszyła się większym zaufaniem społecznym (5). Zaufanie użytkowników do sposobu przetwarzania danych jest kluczowe dla sukcesu aplikacji zdrowotnych – brak przejrzystości może skutkować niską akceptacją nawet zaawansowanych technologicznie rozwiązań (40). Konieczne jest wprowadzenie międzynarodowych standardów ochrony danych, uwzględniających lokalne uwarunkowania prawne i kulturowe, co mogłoby zwiększyć akceptację i skuteczność aplikacji mobilnych na całym świecie (41).
- Nieprecyzyjne dane.** Aplikacje mobilne często opierają się na danych samodzielnie wprowadzanych przez użytkowników, co zwiększa ryzyko błędów i niepełnych informacji (42). Przykładowo, ProteGO Safe w Polsce umożliwiała ręczne zgłaszanie wyników testów na COVID-19, co – bez weryfikacji – podważało wiarygodność zebranych danych. Technologie oparte na Bluetooth również mają ograniczenia – w zatłoczonych przestrzeniach mogą rejestrować fałszywe kontakty, prowadząc do nieuzasadnionych alertów (43). Aby zwiększyć jakość danych, potrzebna jest integracja aplikacji z systemami ochrony zdrowia i oficjalnymi bazami danych (44) oraz rozwój precyzyjniejszych metod lokalizacji, takich jak GPS, Wi-Fi czy RFID, szczególnie przydatnych w zatłoczonych miejscach (45). Tylko przy wysokiej jakości danych możliwe jest efektywne monitorowanie i kontrolowanie epidemii (46).
- Brak standaryzacji.** Brak jednolitych standardów i ograniczona kompatybilność między systemami znacząco utrudniają skuteczne wykorzystanie technologii mobilnych w skali międzynarodowej. Różnice w protokołach, formatach danych i integracji z systemami opieki zdrowotnej prowadzą do nieefektywności, szczególnie w sytuacjach kryzysowych (47). Przykłady z Polski i Kanady pokazują, że brak integracji aplikacji z krajowymi systemami ogranicza ich skuteczność. Skuteczna koordynacja międzynarodowa wymaga globalnie uznanych standardów technicznych – takich jak HL7 czy FHIR – oraz wspólnych baz danych, co pozwoliłoby na płynną wymianę informacji i szybsze reagowanie w obliczu zagrożeń zdrowotnych (48).

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Zastosowanie technologii mobilnych w ochronie zdrowia publicznego stanowi jedno z najbardziej dynamicznie rozwijających się obszarów współczesnej medycyny cyfrowej. Przykłady wdrożeń aplikacji mobilnych w różnych kontekstach geograficznych i epide-

7. Swiss Federal Office of Public Health (2022). SwissCovid App Evaluation Report
8. Labrique AB, Vasudevan L, Kochi E, Fabricant R, Mehl G. mHealth innovations as health system strengthening tools: 12 common applications and a visual framework. *Glob Health Sci Pract.* 2013 Aug;1(2):160–171. doi: 10.9745/GHSP-D-13-00031
9. Abeler J, Bäcker M, Buermeyer U, Zillessen H. COVID-19 Contact Tracing and Data Protection Can Go Together. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2020. doi:10.2196/19359
10. World Health Organization. Go.Data. Available from: <https://www.who.int/tools/godata>
11. Aiyar Y, Chandru V, Chatterjee M, Desai S, Fernandez A, Gupta A. India's resurgence of COVID-19: urgent actions needed. *Lancet.* 2021 Jun 12;397(10291):2232–2234. doi: 10.1016/S0140-6736(21)01202-2
12. Khan S, Vyawahare C, Singla K, Singh G. The Aarogya Setu mobile application as a bodyguard against COVID-19. *J Family Med Prim Care.* 2022 Jul 22;11(7):4115–4116. doi: 10.4103/jfmpc.jfmpc_2098_21
13. Ferretti L, Wymant C, Kendall M. Quantifying SARS-CoV-2 transmission suggests epidemic control with digital contact tracing. *Science.* 2020;368(6491):eabb6936. doi:10.1126/science.abb6936
14. Park YJ, Choe YJ, Park O, Park SY, Kim YM, Kim J, et al. Contact Tracing during Coronavirus Disease Outbreak, South Korea, 2020. *Emerg Infect Dis.* 2020 Oct;26(10):2465–2468. doi: 10.3201/eid2610.201315
15. Elbilgahy AA, Alenezi MH, Alruwaili AH, Alhathal SM. Role of mobile health applications in prevention and detection of pandemic disease: A population perspective. *Digit Health.* 2024 Oct 21;10:20552076241292106. doi: 10.1177/20552076241292106
16. Brownstein JS, Freifeld CC. HealthMap: the development of automated real-time internet surveillance for epidemic intelligence. *Euro Surveill.* 2007 Nov 29;12(11):E071129.5. doi: 10.2807/esw.12.48.03322-en
17. Kobres PY, Chretien JP, Johansson MA, Morgan JJ, Whung PY, Mukundan H, et al. A systematic review and evaluation of Zika virus forecasting and prediction research during a public health emergency of international concern. *PLoS Negl Trop Dis.* 2019 Oct 4;13(10):e0007451. doi: 10.1371/journal.pntd.0007451
18. Ministère du Travail, de la Santé et des Solidarités. TousAntiCovid [Internet]. Paris: Ministère du Travail, de la Santé et des Solidarités. <https://sante.gouv.fr/soins-et-maladies/maladies/>

miologicznych pokazują, że technologie te mogą wspierać działania z zakresu profilaktyki, wczesnego wykrywania zagrożeń, zarządzania epidemią oraz edukacji zdrowotnej. Ich użyteczność jest szczególnie widoczna w kontekście sytuacji kryzysowych, jak pandemia COVID-19, kiedy to narzędzia mobilne umożliwiły m.in. automatyczne śledzenie kontaktów, zdalne monitorowanie pacjentów czy wsparcie komunikacji między personelem medycznym.

Niemniej jednak pełne wykorzystanie potencjału tych rozwiązań wymaga spełnienia szeregu warunków systemowych. Po pierwsze, technologie te muszą być projektowane z myślą o różnorodnych potrzebach populacji – uwzględniając bariery cyfrowe, zróżnicowany poziom umiejętności technologicznych oraz dostępność infrastruktury. W przeciwnym razie istnieje ryzyko pogłębienia nierówności zdrowotnych, zwłaszcza wśród osób starszych, mieszkańców obszarów wiejskich czy krajów o niskim dochodzie narodowym brutto. Po drugie, skuteczność aplikacji mobilnych zależy od jakości i integralności gromadzonych danych. Wyzwania związane z manualnym wprowadzaniem informacji przez użytkowników oraz niedokładnością technologii Bluetooth wskazują na potrzebę dalszego rozwoju bardziej precyzyjnych metod lokalizacji oraz integracji danych z systemami zdrowia publicznego. Kluczowe znaczenie mają tu rozwiązania interoperacyjne oraz zgodność z międzynarodowymi standardami (np. HL7 FHIR), które mogą zwiększyć efektywność reagowania na zagrożenia zdrowotne o charakterze transgranicznym. Po trzecie, kwestią fundamentalną jest budowanie zaufania społecznego poprzez transparentność przetwarzania danych, dobrowolność udziału użytkowników oraz poszanowanie zasad prywatności i etyki. Przykłady aplikacji zdecentralizowanych, jak niemiecka Corona-Warn-App, pokazują, że możliwe jest pogodzenie skutecznego działania narzędzi cyfrowych z wysokimi standardami ochrony danych osobowych. Wreszcie, technologie mobilne powinny być traktowane nie jako rozwiązanie zastępcze, lecz jako komplementarne narzędzie wspierające tradycyjny system opieki zdrowotnej. W tym kontekście istotna jest ich integracja z politykami zdrowotnymi, systemami informacyjnymi oraz strategią edukacji zdrowotnej społeczeństwa.

Podsumowując, technologie mobilne posiadają ogromny potencjał w zakresie wspierania zdrowia publicznego, ale ich efektywność zależy od racjonalnego wdrażania, eliminacji barier strukturalnych oraz holistycznego podejścia obejmującego aspekty technologiczne, społeczne, prawne i etyczne. W dobie globalnych zagrożeń zdrowotnych stanowią one nieodzowny element nowoczesnej polityki zdrowotnej, wymagający jednak ciągłej oceny, adaptacji i regulacji.

- maladies-et-infections-respiratoires/covid-19/article/tousanticovid
19. Budd J, Miller BS, Manning EM, Lampos V. Digital technologies in the public-health response to COVID-19. *Nat Med*. 2020 Aug;26(8):1183–1192. doi: 10.1038/s41591-020-1011-4
 20. Ehrmann D, Eichinger V, Vesper I, Kober J, Kraus M, Schäfer V, et al. Health care effects and medical benefits of a smartphone-based diabetes self-management application: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2022;23(1):282. doi:10.1186/s13063-022-06248-2
 21. Sewalk K, Smith S, Goodwin L, Brownstein J. Flu Near You: Crowdsourcing influenza-like-illness reporting across the United States comparing the 2017–18 and 2018–19 influenza seasons. *Int J Infect Dis*. 2020 Dec;101(Suppl 1):369
 22. Chib A, van Velthoven MH, Car J. mHealth adoption in low-resource environments: a review of the use of mobile healthcare in developing countries. *J Health Commun*. 2015;20(1):4-34. doi: 10.1080/10810730.2013.864735. Epub 2014 Mar 27. PMID: 24673171
 23. World Health Organization (WHO). Telemedicine: Opportunities and developments in member states. Geneva: WHO; 2010
 24. Telemedycyna Polska. Available from: <https://telemedycynapolska.pl/>
 25. Koonin LM, Hoots B, Tsang CA. Trends in the Use of Telehealth During the Emergence of the COVID-19 Pandemic - United
 26. Giansanti D, Scrivano N, Gulino RA. A map point on the role of telemedicine and e-Health in the digital contact tracing during the COVID-19 pandemic. *J Public Health Emerg*. 2021 Dec 25;5:34. doi: 10.21037/jphe-21-22
 27. Binns C, Keast J, Williams A. The efficacy, equity and externalities of Australia's COVIDSafe app as a policy intervention during the COVID-19 pandemic: Was it sunscreen or tanning lotion? *UNSW Law J*. 2021 Nov;44(4):1459-1482. doi: 10.53637/JBEO1430
 28. Agency for Healthcare Research and Quality. Safer Together: Partnering with Patients to Improve Safety. AHRQ; [cited 2025 Jan 09]. Available from: <https://www.ahrq.gov/patient-safety/reports/safer-together.html>
 29. Panigrahi SK, Acharya A, Patnaik S. Connecting Health and Technology: A Comprehensive Review of Social Media and Online Communities in Healthcare. *Cureus*. 2023;15(8):e43917. doi:10.7759/cureus.43917
 30. Dobska M, Kosinski E, Urbaniak M. Ochrona zdrowia w czasach pandemii: Wyzwania i rekomendacje zmian. Poznań: Wydawnictwo Polskiego Towarzystwa Ekonomicznego; 2022
 31. Williams GA, Fahy N, Aissat D, Lenormand M-C, Stüwe L, Zablitz-Schmidt I, Delafuys S, Le Douarin Y-M, Azzopardi Muscat N. COVID-19 and the use of digital health tools: opportunity amid crisis that could transform health care delivery. *J Glob Health*. 2021;11:05002
 32. Pudyastuti RR, Tomaso J, Horhoruw A, Martsiningsih MA. The Role of Digital Health Technology in Enhancing Health Promotion Campaigns: A Case Study from a Resource-Limited Region. *Nawala Educ*. 2024;1(4):14. doi: 10.62872/gbna7b66
 33. Munishi C, Ndumwa HP, Massawe JE, Njiro BJ, Ngowi J, Suhartono S, et al. Acceptability of using mobile Health (mHealth) as an intervention tool for people with drug use disorders in Tanga, Tanzania. *PLOS Digit Health*. 2023 Sep 27;2(9):e0000257. doi: 10.1371/journal.pdig.0000257
 34. Van Dijk JAGM. The Deepening Divide: Inequality in the Information Society. Thousand Oaks: Sage Publications; 2005
 35. Friemel TN. The digital divide has grown old: Determinants of a digital divide among seniors. *New Media Soc*. 2016;18(2):313–331
 36. Senior Hub. Instytut Polityki Senioralnej. Jakość życia osób starszych w Polsce w pierwszym roku pandemii COVID-19: raport z badania. Kwiecień 2021
 37. Van Deursen AJ, Helsper EJ. A nuanced understanding of Internet use and non-use among the older population. *Eur J Commun*. 2015;30(2):171–187
 38. Ogunleye, A., & Ajayi, O. (2023). The impact of digital transformation on healthcare delivery in Nigeria: challenges and recommendations. *International Journal of Research and Scientific Innovation*, 10(5), 14-25. Available at: https://rsisinternational.org/journals/ijrsi/articles/the-impact-of-digital-transformation-on-healthcare-delivery-in-nigeria-challenges-and-recommendations/?utm_source=chatgpt.com
 39. Mansouri F, Darvishpour A. Mobile health applications in the COVID-19 pandemic: a scoping review of the reviews. *Med J Islam Repub Iran*. 2023 Feb 15;37:8. doi: 10.47176/mjiri.37.8
 40. Global Data Privacy Laws 2021: Despite COVID Delays, 145 Laws Show GDPR Dominance. *Privacy Laws & Business International Report*. 2021;169:1–5. UNSW Law Research Paper No. 21-60. Available from: <https://ssrn.com/abstract=3833452>
 41. World Health Organization (WHO). The protection of personal data in health information systems – principles and processes for public health. Geneva: WHO; 2021

42. Azad-Khaneghah P, Neubauer N, Cruz AM, Liu L. Mobile health app usability and quality rating scales: a systematic review. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2021 Oct;16(7):712–21. doi:10.1080/17483107.2019.1701103
43. Hernández-Orallo E, Calafate CT, Cano JC, Manzoni P. Evaluating the effectiveness of COVID-19 Bluetooth-based smartphone contact tracing applications. *Appl Sci*. 2020;10(20):7113. doi:10.3390/app10207113
44. Aljedaani B, Babar MA. Challenges in developing secure mobile health applications: systematic review (Preprint). *JMIR mHealth uHealth*. 2019 Jul;9(6). doi:10.2196/15654
45. Junaid SB, Imam AA, Balogun AOO, De Silva LC, Surakat YA, Kumar G. Recent advancements in emerging technologies for healthcare management systems: a survey. *Healthcare (Basel)*. 2022 Oct 3;10(10):1940. doi:10.3390/healthcare10101940
46. Osei E, Mashamba-Thompson TP. Mobile health applications for disease screening and treatment support in low-and middle-income countries: a narrative review. *Heliyon*. 2021 Mar 31;7(3):e06639. doi:10.1016/j.heliyon.2021.e06639
47. Sun S, Shaw M, Moodie EEM, Ruths D. The epidemiological impact of the Canadian COVID Alert app. *Can J Public Health*. 2022 Jun;113(7863). doi: 10.17269/s41997-022-00632-w
48. Gamache R, Kharrazi H, Weiner JP. Public and population health informatics: the bridging of big data to benefit communities. *Yearb Med Inform*. 2018 Aug 29;27(1):199–206. doi:10.1055/s-0038-1667081

Received: 12.01.2025

Accepted for publication: 27.06.2025

Otrzymano: 12.01.2025 r.

Zaakceptowano do publikacji: 27.06.2025 r.

Address for correspondence:

Adres do korespondencji:

Jan Barański

Collegium Medicum,

Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach

Aleja IX Wieków Kielc 19A, 25-317 Kielce

email: janbar475@gmail.com