

ADAM PELIKANT¹

Potencjał rozwiązań ICT i jego wykorzystanie w służbie zdrowia

Streszczenie

Artykuł przedstawia zakres działań medycznych, na którego rozwój ma istotny wpływ zastosowanie narzędzi informatycznych (IT) i telekomunikacyjnych (ICT). Wskazano w nim na potencjał obu tych dziedzin nauki i techniki. Przegląd algorytmów i utworzonego na ich podstawie oprogramowania w głównej mierze jest oparty na badaniach realizowanych na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej, a w szczególności na badaniach realizowanych przez autora i zespół z nim współpracujący. W artykule zostały wskazane drogi, które mogą prowadzić do wdrożenia rozwiązań R&D, z jednoczesnym podkreśleniem czynników ten proces hamujących.

Słowa kluczowe: informatyka medyczna, skanery medyczne, przetwarzanie sygnałów, integracja danych, przetwarzanie analityczne, eksploracja danych

1. Wprowadzenie

Truizmem jest stwierdzenie, że obecny rozwój informatyki i telekomunikacji jest bardzo szybki i nie można tempa wzrostu porównać z jakimkolwiek okresem poprzednim. Obie dziedziny wkraczają coraz szerzej do każdego rodzaju działalności człowieka: zawodowej, prywatnej, społecznej. Niezrozumiałym byłoby, gdyby ten wpływ nie dotyczył administracji czy też służby zdrowia. Jednakże istnieje znacząca dysproporcja pomiędzy tym, co faktycznie funkcjonuje, zostało wdrożone w praktyce, a tym, jakie możliwości oferują badania realizowane w ośrodkach akademickich czy też ośrodkach badawczo-rozwojowych firm branż IT i ICT. Podstawą do napisania tego artykułu są doświadczenia autora zdobyte podczas prac w zespołach zadaniowych Kłaster ICT Polska centralna, badań

¹ Politechnika Łódzka, Instytut Mechatroniki i Systemów Informatycznych, adam.pelikant@p.lodz.pl.

realizowanych na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej, a w szczególności w Instytucie Mechatroniki i Systemów Informatycznych, w tym realizowanych przez autora lub z jego współudziałem. Ze względu na szerokość zagadnienia w opracowaniu tym będą poruszane tylko tematy dotyczące szeroko rozumianej służby zdrowia. Praca nie dotyczy tylko telemedycyny², którą definiuje się jako: „*is the provision of healthcare services, through use of ICT, in situations where the health professional and the patient are not in the same location*” (jest świadczeniem usług opieki zdrowotnej poprzez wykorzystanie ICT w sytuacjach, gdy pracownik służby zdrowia i pacjent nie znajdują się w tym samym miejscu), ani usług telemedycznych³ (przesył i analiza danych koniecznych do działań prewencyjnych, diagnozy, leczenia i kontroli stanu zdrowia pacjenta), ale bardzo szerokiego kręgu czynności, które mogą być wspierane przez informatykę, telekomunikację, mechatronikę itp.

2. Wykorzystanie sprzętu i aplikacji IT w służbie zdrowia

Pierwsze zastosowania informatyki w medycynie są nieomal tak stare jak pierwsze cywilne komputery. Jednak dopiero zdobycze techniczne i technologiczne XXI wieku odcisnęły się w sposób tak powszechny na sposobie funkcjonowania świadczenia usług medycznych. Szeroki przegląd zagadnienia przedstawił R. Tadeusiewicz⁴ w swojej książce wydanej w 2011 r. We wstępie odwołuje się do okładki „Communications of the ACM” z 2010 r., na której widnieje hasło przewodnie „*Computers in Patients Care. Why has progress been so slow*” (Komputery w opiece nad pacjentami. Dlaczego postęp był tak powolny). Rozwinięcia tej

² Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego oraz Komitetu Regionów w sprawie korzyści telemedycyny dla pacjentów, systemów opieki zdrowotnej i społeczeństwa, Komisja Wspólnot Europejskich, COM(2008) 689, s. 3.

³ Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego oraz Komitetu Regionów w sprawie korzyści telemedycyny dla pacjentów, systemów opieki zdrowotnej i społeczeństwa, Komisja Wspólnot Europejskich, COM(2008) 689, s. 3; A. Gawrońska-Błaszczyk, L. Łuczak-Noworolnik, *Telemedycyna jako przykład cyfrowej usługi publicznej w Europie w obszarze ochrony zdrowia – wybrane zagadnienia prawne i organizacyjne*, w: *Cyfrowe usługi publiczne w Europie*, red. M. Kraska, S. Mamrot, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2017.

⁴ R. Tadeusiewicz, *Informatyka medyczna*, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Lublin 2011.

tezy oraz jej uzasadnienia podjął się Stephen V. Cantrill⁵, który wskazał m.in. na aspekt przepływu danych, ich integracji i przetwarzania w serwerach baz danych – co zostanie dalej omówione. Minęło ponad 8 lat i w tym samym okresie możemy znaleźć artykuł o podobnym wydźwięku⁶. Główna teza mówi, że „*New York State healthcare providers increased their use of the technology but delivered only mixed results for their patients*” (Podmioty świadczące opiekę zdrowotną w stanie Nowy Jork zwiększyły wykorzystanie technologii, ale dostarczyły jedynie mieszane wyniki swoim pacjentom). Wskazuje to na fakt znaczącego zainteresowania informatyką medyczną, a jednocześnie na ciągły niedosyt społeczny, jeśli chodzi o rozwiązania, które można spotkać w rzeczywistości. Szczególnie, że rośnie świadomość potencjału IT i ICT dzięki szerszemu dostępowi do usług tego sektora, szczególnie komunikacyjnych.

W tym miejscu warto za Tadeusiewiczem⁷ przytoczyć zmodyfikowaną, zaktualizowaną analizę SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*)

S (*Strengths*) – mocne strony informatyki medycznej:

- Szybki rozwój informatyki pod względem sprzętu i oprogramowania, dostępność hostingu i usług w chmurze.
- Szybki rozwój algorytmów przetwarzania transakcyjnego i analitycznego oraz analizy sygnałów ze szczególnym uwzględnieniem danych graficznych.
- Duży przyrost liczby firm IT i ICT o różnej wielkości, od start-upów do konsorcjów międzynarodowych oraz wzrost ich zainteresowania działaniami badawczo-rozwojowymi.
- Współpraca pracodawców z ośrodkami naukowo-dydaktycznymi nakierowana na podniesienie kompetencji absolwentów i dostosowanie ich do potrzeb rynku IT.

W (*Weaknesses*) – słabe strony:

- Systemy powinny zapewniać bezwzględne bezpieczeństwo danych, szczególnie w kontekście dyrektywy RODO (General Data Protection Regulation, GDPR)⁸.

⁵ S.V. Cantrill, *Computers in Patient Care: The Promise and the Challenge*, „Communications of the ACM” 2010, Volume 53, Issue 9, September, s. 42–47.

⁶ Q. Bui, S. Hansen, M. Liu, Q. Tu, *The Productivity Paradox in Health Information Technology*, „Communications of the ACM” 2018, Vol. 61, No. 10, s. 78–85.

⁷ R. Tadeusiewicz, *Informatyka medyczna...*, op. cit.

⁸ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych oraz uchylenia dyrektywy 95/46/WE (ogólne rozporządzenie o ochronie danych), giodo.gov.pl/234/id_art/9276/j/pl.

- Przetwarzanie danych medycznych, a w szczególności wspieranie diagnostyki pociąga za sobą odpowiedzialność prawną, co nie jest uregulowane oraz nie zawsze autorzy takich rozwiązań mają pełną świadomość takiej odpowiedzialności.
- Brak ogólnie przyjętych standardów wymiany informacji medycznych, a w przypadku takich jak DICOM, brak ścisłego ich przestrzegania.
- Zarówno rozwiązania ogólnodostępne (pudełkowe), jak i dedykowane o odpowiedniej jakości są kosztowne.
- Brak świadomości konieczności utrzymania i konserwowania oprogramowania, którego koszty są znaczące.
- Niekończące się prace legislacyjne nad systemami informacji medycznej, pomimo istnienia ustawy o systemie informacji w ochronie zdrowia⁹, brakuje konkretnych rozporządzeń i działań wdrożeniowych.

O (*Opportunities*) – szanse:

- Znaczący wzrost umiejętności posługiwania się narzędziami informatycznym w społeczeństwie.
- Łatwość dostępu do urządzeń telekomunikacyjnych, głównie mobilnych, praktycznie pełne pokrycie kraju siecią komunikacji bezprzewodowej.
- Wzrost zapotrzebowania na rozwiązania informatyczne dla służby zdrowia i coraz bardziej powszechne ich stosowanie (tam, gdzie to jest dostępne).
- Wzrost świadomości starzenia się społeczeństwa i konieczności wprowadzania monitorowania zdrowia, a szerzej dobrostanu ludzi w podeszłym wieku, osób niepełnosprawnych.

T (*Threats*) – zagrożenia:

- Systemy informatyczne (szczególnie doradcze, diagnozujące) nie gwarantują 100-procentowej skuteczności działania, co powoduje konieczność każdorazowej weryfikacji ich wskazówek.
- Wymiana i przetwarzanie danych medycznych przy stosowaniu niedostatecznych zabezpieczeń może prowadzić do niekontrolowanych wycieków danych.
- Brak długofalowej koncepcji rozwoju informatyki medycznej i inżynierii biomedycznej nie sprzyja harmonijnemu rozwojowi tych dziedzin.
- Odmienne podejście do rozwiązań informatycznych przez prywatną i państwową służbę zdrowia powoduje dysproporcje w standardzie obsługi.
- Brak wpływu na rozwiązania realizowane przez różne firmy, pochodzące z różnych ośrodków, pociąga za sobą kłopoty z integracją danych.

⁹ Ustawa z dnia 28 kwietnia 2011 r. o systemie informacji w ochronie zdrowia (DzU z 2011 r., nr 113, poz. 657).

Analiza ta wskazuje jednoznacznie na konieczność zintensyfikowania działań organizacyjno-wdrożeniowych, ponieważ zaplecze techniczne i badawcze wydaje się znacznie wyprzedzać możliwości legislatorów i środowiska medycznego.

Możemy teraz przyjrzeć się bliżej potencjałowi IT, który obecnie służba zdrowia wykorzystuje w praktyce. Praktycznie powszechnie dostępne są systemy informujące o usługach świadczonych przez placówki ochrony zdrowia. Posiadanie strony/witryny WWW stało się koniecznością i stopniowo dobrym obyczajem, chociaż nie powszechnym. Niestety systemy rezerwacji wizyt nie są już tak często obecne. Działają w większości placówek prywatnych, natomiast w przypadku państwowej służby zdrowia albo nie są funkcjonalne, albo nie w pełni sprawne lub też są niedostępne. Jediną możliwością jaka pozostaje pacjentowi jest rezerwacja wizyty telefonicznie, a w wielu przypadkach tylko osobiście na miejscu. Stan ten jest absolutnie niezrozumiały, ponieważ usługi hostingowe są powszechne i tanie, powszechne są systemy zarządzania treścią (*Content Management System*, CMS). Taki stan pozwala na utworzenie witryny przy niewielkim nakładzie kosztów i prawie zerowej wiedzy informatycznej. Co więcej, bardziej rozbudowane CMS pozwalają również na wykonanie systemu rezerwacji terminów i powiadamiania o nadchodzącej wizycie. Koszt wytworzenia od podstaw strony internetowej, w zależności od jej złożoności i firmy, która taką usługę wykonuje, waha się od 1000 zł do 10 000 zł, a utrzymanie i hosting to koszt kilkuset złotych w skali roku. Takie koszty nie powinny stanowić bariery dla żadnej z placówek. Z punktu widzenia zadań badawczych IT nie ma tutaj żadnych zadań, jedynym potencjalnym tematem jest zabezpieczenie danych przed niepożądanym dostępem¹⁰, co w świetle obowiązywania RODO nie jest problemem trywialnym.

¹⁰ M. Kwapisz, A. Pelikant, *Metody uwierzytelniania użytkowników w systemach informatycznych opartych o bazę danych ORACLE 10g w środowisku Microsoft Windows 2003 Server (Users Authentication methods In Information systems based on Oracle 10g data base at Microsoft Windows 2003 Server platform)*, XV Konferencja „Sieci i Systemy Informatyczne” Łódź, październik 2007; A. Droś, A. Pelikant, *SQL Injection i inne metody ataków na bazy danych oraz metody ochrony po stronie aplikacji www*, VII Krajowe Sympozjum Modelowanie i Symulacja Komputerowa w Technice, Łódź 2010, s. 23–28; A. Romaszewski, W. Trąbka, M. Kielar, K. Gajda, *Elektroniczna dokumentacja medyczna – przetwarzanie danych o stanie zdrowia poza miejscem świadczenia usług zdrowotnych*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Zarządzania i Bankowości w Krakowie” 2017, nr 44, s. 14–27; Z. Suminska, I. Postula, *Wyzwania dla ochrony danych osobowych w obrocie gospodarczym przed wejściem w życie Rozporządzenia Ogólnego o Ochronie Danych Osobowych (RODO)*, „Materiały i Studia” 2017, vol. 2(25), s. 106–118; M. Kwapisz, *Polityki bezpieczeństwa dla przetwarzania i składowania danych zgodne z rozporządzeniem RODO*, rozprawa doktorska PŁ (w przygotowaniu).

Kolejnym elementem, tym razem wartym większej uwagi, są urządzenia diagnostyki obrazowej – skanery medyczne. Ich różnorodność i wszechstronność zastosowań jest ogromna (rysunek 1), od prostych urządzeń przenośnych, przez urządzenia stacjonarne średniego poziomu komplikacji technicznej, aż do wielkogabarytowych urządzeń stacjonarnych wykorzystujących najnowsze osiągnięcia badań naukowych.



Siemens Skaner PET – CT,
Biograph mCT

Skaner naczyńniowy
– bezdotykowy system
iluminacji żył: VIVO 500

Contec, Aparat EKG
– Elektrokardiograf
ECG600G

Rygunek 1. Przykłady komercyjnych skanerów medycznych

Źródło: www.medipment.pl/produkt, www.emtim.pl, cito-sklep.pl/aparaty-ekg-elektrokardiografy.

Wspólnym mianownikiem tej aparatury jest standard DICOM¹¹, który jest zarówno protokołem transmisji danych, jak również formatem zapisu danych medycznych uwzględniającym dane graficzne, wizyjne. Większość z tego typu urządzeń przechowuje informacje, korzystając z tego formatu. Paradoksalnie, urządzenia najprostsze, które mierzą najmniej złożone sygnały, są tej funkcji pozbawione (np. aparaty EKG – kilkukanałowy, najczęściej sześciokanałowy, sygnał czasowy). Dane w ten sposób pozyskane są albo zapisywane na zewnętrznych nośnikach (płyty CD) lub składowane w wewnętrznej pamięci stałej tych urządzeń. Niestety brakuje systemów, które zapewniałyby centralne składowanie takich danych, niezależnie od ich wewnętrznej pamięci.

Oczywiście istnieje więcej miejsc, w których w praktyce medycznej są stosowane rozwiązania sprzętowe i programistyczne odwołujące się do branż IT, ICT: systemy powiadamiania o zdarzeniach, analityka medyczna, bazy farmakologiczne etc. Pomimo takiej wielości i zakresu zastosowań informatyka ma wiele pól do zagospodarowania. Śmiem twierdzić, że wraz z rozwojem technologii będzie ich coraz więcej.

¹¹ K. Pabjańczyk, A. Pelikant, *Implementacja parsera protokołu DICOM, przy użyciu języka T-SQL na platformie SQL Server 2008*, „Studia Informatica” 2011, Volume 32, No. 2B (97), s. 547–559.

3. Potencjał ICT

W ośrodkach badawczych oraz firmach komercyjnych i ich działach R&D istnieje duża presja na opracowywanie nowych usług dla medycyny i dziedzin pokrewnych. W zakresie podstawowym jest to związane z wymogami organizacyjnymi służby zdrowia, natomiast w bardziej zaawansowanych działaniach stanowi próbę zapewnienia sobie przewagi konkurencyjnej na rynku przyszłych usług.

Pełna obsługa informatyczna zadań, które pojawiają się w przypadku opieki zdrowotnej prowadzi do utworzenia rozległego systemu przetwarzania danych semistrukturalnych, co powszechnie określane jest jako *Big Data*. Schematyczną budowę takiego rozwiązania przedstawia rysunek 2.



Rysunek 2. Schemat systemu przetwarzania danych semistrukturalnych

Podstawowym wyróżnikiem takiego systemu informatycznego jest wielość typów danych, które mogą go zasilać. Począwszy od danych natywnych wprowadzanych przez operatorów, przez dokumenty tekstowe, aż do sygnałów ze skanerów medycznych, głównie operujących na różnych formatach graficznych wzbogaconych o metadane opisujące zarówno badanie, jak i pacjenta. Każda z form wprowadzania danych różni się od natywnej i wymaga oddzielnego modułu przetwarzania, który zamieni formę wyjściową do postaci pozwalającej na składowanie na serwerze (raczej wielu serwerach skonfigurowanych w grid lub chmurę) i zintegruje z innymi danymi pacjenta. Centralne składowanie daje

szeroką możliwość przetwarzania analitycznego za pomocą hurtowni danych lub narzędzi eksploracji danych. Pozwoli to na dostarczenie globalnej informacji do osób diagnozujących, lekarzy specjalistów, pozwalając jednocześnie na wgląd w dokumentację każdemu z pacjentów.

Jednym z istotniejszych elementów jest warstwa transportowa, w roli której najlepiej sprawdzają się formaty znacznikowe, takie jak XML czy Json. Ważny jest również fakt, że protokół, a jednocześnie plik zapisu obrazowych badań medycznych DICOM jest również plikiem znacznikowym o ogólnie dostępnym, dobrze zdefiniowanym standardzie¹². Powszechnie dostępne są przeglądarki tego formatu w wersjach darmowych (np. GDCM, dcmTk – DICOM Toolkit, dcm4che, MiPAV, TeleDICOM opracowany w Katedrze Informatyki, MicroDicom, DICOM Viewer oraz opracowane na PŁ¹³), a także komercyjne (eFILM VIEWER, LEADTOOLS DICOM PACS Framework, TRIANA, RadiAnt DICOM Viewer, Archimedic RSR2 polskiej firmy IM, moduł ExPacs systemu Medycznego AlleRad również polskiej firmy Pixel Technology i wiele innych). DICOM stanowi podstawę badań naukowych nad systemami składowania danych¹⁴, a w przypadku PŁ stał się podstawą do zbudowania częściowo wdrożonego w szpitalu klinicznym w Aarhus oprogramowania centralnego składowania danych¹⁵. W tym przypadku został zaimplementowany serwis nasłuchu, zestawiający połączenie z bazą i działający w dwóch trybach: *push* – urządzenia

¹² DICOM® (Digital Imaging and Communications in Medicine) is the international standard to transmit, store, retrieve, print, process, and display medical imaging information, www.dicomstandard.org.

¹³ K. Pabjańczyk, A. Pelikant, *Implementacja parsera protokołu DICOM...*, op. cit.; D. Zielas, A. Pelikant, *Przetwarzanie i analiza danych medycznych na platformie ORACLE z zastosowaniem DICOM*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Informatyki w Łodzi” 2012, Vol. 11, nr 1, s. 39–52.

¹⁴ D. Haak, Ch.E. Page, K. Kabino, T.M. Deserno, Evaluation of DICOMViewer Software for Workflow Integration in Clinical Trials, Proceedings Volume 9418, Medical Imaging 2015: PACS and Imaging Informatics: Next Generation and Innovations; 941800 (2015); A. Ariani, M. Carotti, M. Gutierrez, E. Bichisecchi, W. Grassi, G.M. Giuseppetti, F. Salaffi, *Utility of an Open-source DICOMViewer Software (OsiriX) to Assess Pulmonary Fibrosis in Systemic Sclerosis: Preliminary Results*, „Rheumatology International” 2014, Volume 34, Issue 4, s. 511–516; M. van Herk, *Integration of a Clinical Trial Database with a PACS*, XVII International Conference on the Use of Computers in Radiation Therapy (ICCR2013), IOP Publishing, „Journal of Physics: Conference Series” 2014, 489; A. Belle, R. Thiagarajan, S.M. Reza Soroushmehr, F. Navidi, D.A. Beard, K. Najarian, *Big Data Analytics in Healthcare*, „BioMed Research International” 2015, Volume 2015, Article ID 370194.

¹⁵ K. Wojciechowski, A. Pelikant, *Zastosowanie protokołu DICOM oraz technologii J2EE w komunikacji między urządzeniami medycznymi a bazą danych, Bazy danych Nowe technologie, Bezpieczeństwo, wybrane technologie i zastosowanie*, Rozdział 22, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2007, s. 229–237.

medyczne zgłaszają żądanie przetworzenia wskazanego zestawu danych, *pull* – proces nasłuchu cyklicznie odpytuje urządzenia obrazowe, sprawdzając, czy dysponują danymi do wysłania do bazy. W obu przypadkach są weryfikowane wpisy występujące w bazie danych, tak aby uniknąć redundancji oraz zapewnić ich spójność. Centralny skład danych ułatwia dokonywanie opisów badań przez specjalistów radiologów, którzy mogą pracować poza miejscem wykonywania badań. Jednocześnie pozwala na wykonywanie badań obrazowych przez techników medycznych, co znacząco poprawia wydajność i organizację pracy.

Każdy plik DICOM zawiera nagłówek z metadanymi, które mogą być podstawą prowadzenia analiz porównawczych, tworzenia wielowymiarowych struktur hurtowni danych oraz systemów raportujących, wnioskujących¹⁶. Niestety takie rozwiązania nie wyszły jeszcze poza fazę badawczą, chociaż ich potencjał wdrożeniowy jest znaczący.

Podstawową domeną prac badawczych realizowanych na uczelniach jest analiza danych ograniczająca się tylko do sygnału (najczęściej obrazu, grafiki), abstrahująca od formatu dostarczanego przez urządzenie. Liczba publikacji w tym zakresie jest olbrzymia, dlatego ograniczę się tylko do wskazania ich rodzajów na przykładzie prac realizowanych w różnych jednostkach Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej. Głównym materiałem badawczym jest dwuwymiarowy obraz badanego obszaru ciała. Pochodzić on może ze zwykłej fotografii, jak to miało miejsce przy analizie zmian skóry¹⁷, obrazów laparoskopowych¹⁸ lub badań rezonansem magnetycznym¹⁹. Wykonywane są na nich złożone operacje graficzne (przetworzenie wstępne – najczęściej wyrównanie kontrastu, filtrowanie, segmentacja, wykrycie krawędzi, wyznaczenie parametrów opisujących badany organ) mające przekształcić

¹⁶ S.G. Langer, *DICOM Data Warehouse: Part 2*, „Journal of Digital Imaging” 2016, Volume 29, Issue 3, s. 309–313; P. Haripriya, R. Porkodi, *A Survey Paper on Data Mining Techniques and Challenges in Distributed DICOM*, „International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering” 2016, Vol. 5, Issue 3; J. Luo, M. Wu, D. Gopukumar, Y. Zhao, *Big Data Application in Biomedical Research and Health Care: A Literature Review*, „Biomedical Informatics Insights” 2016, 8, s. 1–10.

¹⁷ M. Wyczechowski, Ł. Wąs, Ł. Pietrzak, *Analiza zmian chorób skórnych przy pomocy odwzorowań przestrzeni barw*, „Informatyka, Automatyka, Pomiarzy w Gospodarce i Ochronie Środowiska” 2017, T. 7, nr 3, s. 68–71.

¹⁸ Kopczyński B., Strumiłło P., Niebudek-Bogusz E., *Ocena funkcji fonacyjnej krtani z zastosowaniem komputerowej analizy obrazów laryngowideostroboskopowych – badania pilotażowe*, „Otorynolaryngologia” 2014, 13(3), s. 139–146.

¹⁹ A. Klepaczko, P. Szczypiński, G. Dwojakowski, M. Strzelecki, A. Materka, *Computer Simulation of Magnetic Resonance Angiography Imaging: Model Description and Validation*, PLoS ONE 9(4): e93689, doi:10.1371/journal.pone.0093689.

obraz do takiej postaci, w której jest możliwe automatyczne lub półautomatyczne wnioskowanie (klasyfikacja). Podobne działania dotyczą obrazów pseudotrójwymiarowych i trójwymiarowych, w tych przypadkach. Przetwarzanie takich danych ma na celu przede wszystkim odtworzenie struktury organu (naczynia krwionośne mózgu²⁰, drzewo oskrzelowe²¹), aby lekarz mógł lepiej ocenić jego funkcjonowanie. Takie badania, chociaż bardzo liczne i wykonywane w ścisłej współpracy z autorytetami medycznymi z właściwych specjalności, obecnie praktycznie nie wychodzą poza fazę laboratoryjną, a tylko stanowią poszerzenie bazy wiedzy, która w przypadku wdrożenia może dawać istotną przewagę konkurencyjną dla podmiotu, któremu takie działanie uda się zrealizować.

O ile w diagnostyce sygnał audio pojawia się bardzo rzadko, to z powodzeniem może być wykorzystywany w rehabilitacji lub wsparciu osób niepełnosprawnych. Taką funkcję spełnia system przekształcenia otoczenia (przeszkód) na sygnał dźwiękowy wykorzystywany dla poprawy komfortu poruszania się osób niedowidzących lub niewidomych²². Utworzony system oceny stanu emocjonalnego na podstawie mowy, a korzystający z modelu emocji Plutchik'a (rysunek 3), był wykorzystywany podczas rehabilitacji dzieci z zespołem Aspergera²³. Ważną cechą tego rozwiązania jest fakt, że sygnałem nie musi być mowa artykułowana, a tylko dźwięki wydawane przez badaną osobę (okrzyki, bełkotanie etc.), co poszerza grono osób, których emocje możemy weryfikować.

W ostatnim czasie system został poszerzony o możliwość analizy gestów, postawy ciała w ruchu, a wnioskowanie z obu źródeł zostało połączone²⁴. Daje to możliwość zastosowania zabaw ruchowych (gamifikacji) w zadaniach rehabilitacyjnych.

²⁰ M. Kociński, A. Materka, A. Deistung, J.R. Reichenbach, *Centerline-based Surface Modeling of Blood-vessel Trees in Cerebral 3D MRA*, 2016 *Signal Processing: Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications (SPA)*.

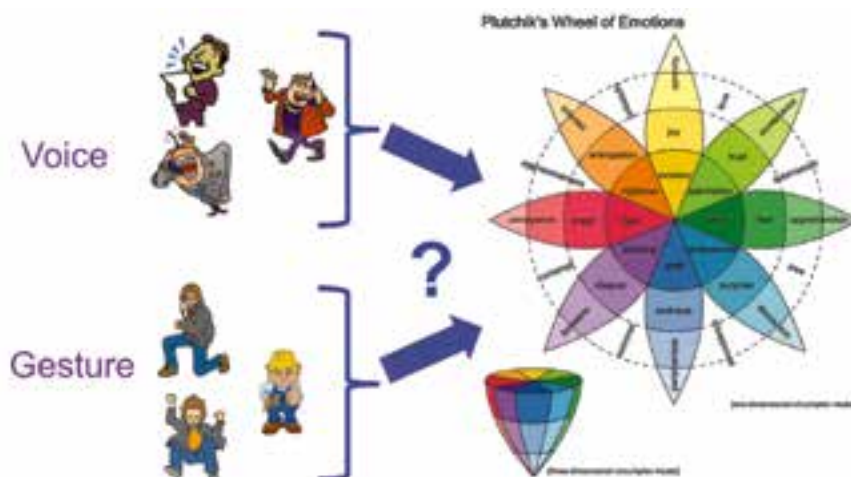
²¹ Fabijańska A., Danek M., Barniak J., Piórkowski A., *A Comparative Study of Image Enhancement Methods in Tree-Ring Analysis*, w: *Image Processing and Communications Challenges 8. IP&C 2016. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 525, red. R. Choraś, Springer.

²² I. Borowiecka, P. Skulimowski, M. Bujacz, A. Radecki, P. Strumiłło, *Interaktywna sonifikacja obrazów dla niewidomych – badania pilotażowe*, „Przegląd Elektrotechniczny” 2016, nr 9, s. 98–101.

²³ D. Kamińska, A. Pelikant, T. Sapiński, *Automatic Behavioural Therapy Tool for Children with Asperger's Syndrome – Paradigm*; In proceeding of: *SIGNAL PROCESSING Algorithms, Architectures, Arrangements and Applications*, Poznań 09/2013.

²⁴ F. Noroozi, C.A. Corneanu, D. Kamińska, T. Sapiński, S. Escalera, G. Anbarjafari, *Survey on Emotional Body Gesture Recognition*, *IEEE Transactions on Affective Computing* PP (99), January 2018; T. Sapiński, D. Kamińska, A. Pelikant, C. Ozcinar, E. Avots, G. Anbarjafari, *Multimodal Database of Emotional Speech, Video and Gestures*, August 2018, *International Conference on Pattern Recognition (ICPR 2018)*, Beijing, China.

Kolejną grupą źródeł sygnałów, które warto odnotować, są sygnały pochodzące z urządzeń nasobnych. W większości przypadków kojarzą się one z narzędziami wspierającymi aktywny styl życia, fitness, treningi, ale coraz szerzej wchodzi jako urządzenia monitorujące w telemedycynie, wykrywaniu stanu zagrożenia życia i zdrowia²⁵. Ten rodzaj sygnałów dopełnia wielość typów danych wejściowych i chociaż nie różni się co do idei od tych pochodzących z urządzeń stacjonarnych, to wielość źródeł i zmienne ich położenie stawia duże wyzwanie przed systemem transmisji. Można w tym przypadku porównywać sposób komunikacji do internetu rzeczy (IoT), a w dalszej perspektywie do relacji podobnych do zachodzących w sieciach społecznościowych.



Rysunek 3. Idea systemu wykrywania emocji na podstawie mowy i gestów (postawy)

4. Możliwości wdrożenia w praktyce medycznej

Patrząc na możliwości merytoryczne obu stron: placówek i uniwersytetów medycznych oraz jednostek badawczych głównie z dziedziny informatyki, elektroniki i telekomunikacji, potencjał do realizacji wdrożeń jest ogromny. Niestety codzienność dowodzi, że praktyka dalece różni się zarówno z oczekiwaniami, jak i możliwościami obu stron, a przede wszystkim jest odległa od potencjalnych

²⁵ S. Hausman, P. Korbel, *Internet rzeczy w medycynie i dla podniesienia komfortu życia*, „Przegląd Telekomunikacyjny + Wiadomości Telekomunikacyjne” 2017, nr 6, s. 158–164.

potrzeb pacjentów. O zainteresowaniu partnerów medycznych i naukowych z wymienionych powyżej dyscyplin świadczą organizowane cyklicznie spotkania. W przypadku regionu łódzkiego dwa ostatnie to: IDEA MIXER (www.p.lodz.pl/pl/idea-mixer-dla-ict-med-1) oraz „Łódzkie w dobrym zdrowiu” + Idea Mixer ICT-MED (www.ictcluster.pl/index.php/component/k2/item/49-lodzkie-w-dobrym-zdrowiu-idea-mixer-ict-med). Na przeszkodzie szybkiej realizacji wdrożeń stoją przede wszystkim złożone procedury medyczne wprowadzania nowych rozwiązań technicznych do praktyki, które wymagają długiego czasu weryfikacji i badań klinicznych. Oczywiście takie postępowanie ma bardzo silne uzasadnienie merytoryczne. Kolejnym problemem jest finansowanie badań na potrzeby medycyny. W tym zakresie pojawił się ostatnio bardzo pozytywny sygnał, jakim jest program „Łódzkie w dobrym zdrowiu” (www.ncbr.gov.pl/o-centrum/aktualnosci/szczegoly-aktualnosci/news/wspolne-przedswiezicie-lodzkie-w-dobrym-zdrowiu-48237/). W projekcie tym „NCBR i Województwo Łódzkie wnoszą do budżetu Wspólnego Przedsięwzięcia po 50 mln zł. Każdy projekt badawczo-rozwojowy będzie mógł otrzymać dofinansowanie od 1 do 4 mln złotych. Wkład NCBR jest finansowany ze środków Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój, natomiast wkład Województwa Łódzkiego ze środków Regionalnego Programu Operacyjnego” (www.lodzkie.pl/strona-glowna/aktualnosci/%C5%82%C3%B3dzkie-w-dobrym-zdrowiu). W uzasadnieniu wdrażania tego programu na terenie właśnie tego województwa przytacza się fakt istnienia silnego środowiska akademickiego, dużej liczby firm z zakresu IT, ICT farmaceutycznego, biomedycznego oraz biotechnologicznego. Głównymi kierunkami finansowania są zadania ukierunkowane na poprawę dobrostanu mieszkańców: profilaktyka, wsparcie osób starszych, usługi zdalne, telemedycyna etc.

Wsparciem dla wielu spośród tych działań może się stać wprowadzenie bardzo wydajnej sieci 5G (5 generacji). Ma to szczególne znaczenie dla działań wymagających ciągłego, pewnego przesyłu danych z wielu rozproszonych źródeł. Sprzyjającą koincydencją jest fakt, że od przyszłego roku na terenie Politechniki Łódzkiej ma być realizowany projekt pilotażowy tej sieci²⁶, co pozwoli na testowanie zaproponowanych rozwiązań w warunkach zgodnych ze standardami, które w bliskiej przyszłości mają być dostępne na terenie całego kraju.

²⁶ *Strategia 5G dla Polski*, Ministerstwo Cyfryzacji, www.gov.pl/web/cyfryzacja/strategia-5g-dla-polski.

5. Podsumowanie

Wykazano, że liczba potencjalnych miejsc zastosowania IT i ICT w praktyce jest bardzo duża. Również potencjał merytoryczny istniejących i opracowywanych rozwiązań w ośrodkach badawczych i działach R&D firm tej branży jest bardzo wysoki. Jakże są więc przyczyny powolnego wdrażania? Poza często uzasadnionymi przeszkodami o charakterze prawnym, paradoksalnie największy opór występuje w samym środowisku medycznym. W mniejszym stopniu dotyczy to dużych ośrodków klinicznych, natomiast jest bardzo silnie zauważalne na poziomie podstawowej opieki medycznej. O ile blokady wynikające z braku umiejętności, doświadczenia w posługiwaniu się sprzętem powinny się zmniejszać wraz z wkraczaniem do pracy młodego pokolenia lekarzy, którzy ze sprzętem IT i oprogramowaniem mają styczność od dzieciństwa, o tyle nieuzasadnione są obawy przed zmniejszeniem wagi umiejętności medycznych człowieka wobec posiłkowania się oprogramowaniem w procesie diagnozowania. Być może wpływ na to ma błędne przeświadczenie, że silna AI (sztuczna inteligencja) może w ogóle wyprzeć medyków.

Poza względami psychologicznymi silny wpływ na rozwój wdrożeń IT w praktyce medycznej mają jednak o wiele bardziej przyziemne przyczyny. Podstawową przyczyną wydaje się słaby poziom finansowania zarówno ochrony zdrowia, jak i nauki. Chociaż pojawiają się spore fundusze na badania z tego zakresu, to brakuje rozwiązań o charakterze systemowym, globalnym. Moim zdaniem, dużym niedociągnięciem systemu grantowego jest brak konkursów, a co za tym idzie funduszy dedykowanych na utrzymanie systemów IT. Zapomina się o tym, że po wdrożeniu oprogramowania, konieczna jest jego ciągła konserwacja, modyfikacja, a także niezbędne jest jego doskonalenie. Oprogramowanie traktuje się jako byt zamknięty, niezmienny w czasie, co jest totalnym nieporozumieniem. Koszty utrzymania są porównywalne, a czasami wyższe, od kosztów jego wytworzenia. Brak finansowania tej fazy życia oprogramowania jest jednym z czynników hamujących tempo wdrożeń. Stąd pytanie: Dlaczego tak wolno²⁷? jest w dalszym ciągu aktualne.

²⁷ V.S. Cantrill, *Computers in Patient Care: The Promise and the Challenge*, „Communications of the ACM” 2010, Volume 53, Issue 9, September, s. 42–47; Q. Bui, S. Hansen, M. Liu, Q. Tu, *The Productivity Paradox in Health Information Technology*, „Communications of the ACM” 2018, Vol. 61, No. 10, s. 78–85.

Bibliografia

- Ariani A., Carotti M., Gutierrez M., Bichisecchi E., Grassi W., Giuseppetti G.M., Salaffi F., *Utility of an Open-source DICOMViewer Software (OsiriX) to Assess Pulmonary Fibrosis in Systemic Sclerosis: Preliminary Results*, „Rheumatology International” 2014, Volume 34, Issue 4, s. 511–516.
- Belle A., Thiagarajan R., Reza Soroushmehr S.M., Navidi F., Beard D.A., Najarian K., *Big Data Analytics in Healthcare*, „BioMed Research International” 2015, Volume 2015, Article ID 370194,
- Borowiecka I., Skulimowski P., Bujacz M., Radecki A., Strumiłło P., *Interaktywna sonifikacja obrazów dla niewidomych – badania pilotażowe*, „Przegląd Elektrotechniczny” 2016, nr 9, s. 98–101.
- Bui Q., Hansen S., Liu M., Tu Q., *The Productivity Paradox in Health Information Technology*, „Communications of the ACM” 2018, Vol. 61, No. 10, s. 78–85.
- Cantrill V.S., *Computers in Patient Care: The Promise and the Challenge*, „Communications of the ACM” 2010, Volume 53, Issue 9, September, s. 42–47.
- Droś A., Pelikant A., *SQL Injection i inne metody ataków na bazy danych oraz metody ochrony po stronie aplikacji www*, VII Krajowe Sympozjum Modelowanie i Symulacja Komputerowa w Technice, Łódź 2010, s. 23–28.
- Fabijańska A., Danek M., Barniak J., Piórkowski A., *A Comparative Study of Image Enhancement Methods in Tree-Ring Analysis*, w: *Image Processing and Communications Challenges 8. IP&C 2016. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 525, red. R. Choraś, Springer, 2017.
- Gawrońska-Błaszczyk A., Łuczak-Noworolnik L., *Telemedycyna jako przykład cyfrowej usługi publicznej w Europie w obszarze ochrony zdrowia – wybrane zagadnienia prawne i organizacyjne*, w: *Cyfrowe usługi publiczne w Europie*, red. M. Kraska, S. Mamrot, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2017.
- Haak D., Page Ch.E., Kabino K., Deserno T.M., *Evaluation of DICOMViewer Software for Workflow Integration in Clinical Trials*, Proceedings Volume 9418, Medical Imaging 2015: PACS and Imaging Informatics: Next Generation and Innovations; 94180O (2015), s 143–151.
- HariPriya P., Porkodi R., *A Survey Paper on Data Mining Techniques and Challenges in Distributed DICOM*, „International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering” 2016, Vol. 5, Issue 3.
- Hausman S., Korbel P., *Internet rzeczy w medycynie i dla podniesienia komfortu życia*, „Przegląd Telekomunikacyjny + Wiadomości Telekomunikacyjne” 2017, nr 6, s. 158–164.
- Kamińska D., Pelikant A., Sapiński T., *Automatic Behavioural Therapy Tool for Children with Asperger’s Syndrome – Paradigm*, Proceeding of: Signal Processing Algorithms, Architectures, Arrangements and Applications, Poznań 09/2013, s. 172–175.

- Klepaczko A., Szczypiński P., Dwojakowski G., Strzelecki M., Materka A., *Computer Simulation of Magnetic Resonance Angiography Imaging: Model Description and Validation*, PLoS ONE 9(4): e93689, doi:10.1371/journal.pone.0093689.
- Kociński M., Materka A., Deistung A., Reichenbach J.R., *Centerline-based Surface Modeling of Blood-vessel Trees in Cerebral 3D MRA*, 2016 *Signal Processing: Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications (SPA)*, s. 85–90.
- Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego oraz Komitetu Regionów w sprawie korzyści telemedycyny dla pacjentów, systemów opieki zdrowotnej i społeczeństwa, Komisja Wspólnot Europejskich, COM(2008) 689, s. 3.
- Kopczyński B., Strumiłło P., Niebudek-Bogusz E., *Ocena funkcji fonacyjnej krtani z zastosowaniem komputerowej analizy obrazów laryngowideostroboskopowych – badania pilotażowe*, „Otorinolaryngologia” 2014, 13(3), s. 139–146.
- Kwapisz M., *Polityki bezpieczeństwa dla przetwarzania i składowania danych zgodne z rozporządzeniem RODO*, rozprawa doktorska PŁ (w przygotowaniu).
- Kwapisz M., Pelikant A., *Metody uwierzytelniania użytkowników w systemach informatycznych opartych o bazę danych ORACLE 10g w środowisku Microsoft Windows 2003 Server (Users Authentication Methods In Information Systems Based on Oracle 10g Data Base at Microsoft Windows 2003 Server Platform)*, XV Konferencja „Sieci i Systemy Informatyczne” Łódź, październik 2007.
- Langer S.G., *DICOMData Warehouse: Part 2*, „Journal of Digital Imaging” 2016, Volume 29, Issue 3, s. 309–313.
- Luo J., Wu M., Gopukumar D., Zhao Y., *Big Data Application in Biomedical Research and Health Care: A Literature Review*, „Biomedical Informatics Insights” 2016, 8, s. 1–10.
- Noroozi F., Corneanu C.A., Kamińska D., Sapiński T., Escalera S., Anbarjafari G., *Survey on Emotional Body Gesture Recognition*, IEEE Transactions on Affective Computing PP (99), January 2018.
- Pabjańczyk K., Pelikant A., *Implementacja parsera protokołu DICOM, przy użyciu języka T-SQL na platformie SQL Server 2008*, „Studia Informatica” 2011, Vol. 32, No. 2B (97), Politechnika Łódzka, s. 547–559.
- Romaszewski A., Trąbka W., Kielar M., Gajda K., *Elektroniczna dokumentacja medyczna – przetwarzanie danych o stanie zdrowia poza miejscem świadczenia usług zdrowotnych*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Zarządzania i Bankowości w Krakowie” 2017, nr 44, s. 14–27.
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych oraz uchylenia dyrektywy 95/46/WE (ogólne rozporządzenie o ochronie danych), gido.gov.pl/234/id_art/9276/j/pl.

- Sapiński T., Kamińska D., Pelikant A., Ozcinar C., Avots E., Anbarjafari G., *Multimodal Database of Emotional Speech, Video and Gestures*, August 2018, International Conference on Pattern Recognition (ICPR 2018), Beijing, China.
- Strategia 5G dla Polski*, Ministerstwo Cyfryzacji, www.gov.pl/web/cyfryzacja/strategia-5-g-dla-polski.
- Suminska Z., Postula I., *Wyzwania dla ochrony danych osobowych w obrocie gospodarczym przed wejściem w życie Rozporządzenia Ogólnego o Ochronie Danych Osobowych (RODO)*, „Materiały i Studia” 2017, vol. 2(25), s. 106–118.
- Tadeusiewicz R., *Informatyka medyczna*, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Lublin 2011.
- Ustawa z dnia 28 kwietnia 2011 r. o systemie informacji w ochronie zdrowia (DzU z 2011 r., nr 113, poz. 657).
- van Herk M., *Integration of a Clinical Trial Database with a PACS*, XVII International Conference on the Use of Computers in Radiation Therapy (ICCR2013), IOP Publishing, „Journal of Physics: Conference Series” 2014, 489.
- Westberg J., Krogh S., Brink C., Vogelius I.R., *A DICOM Based Radiotherapy Plan Database for Research COLLABORATION and reporting*, XVII International Conference on the Use of Computers in Radiation Therapy (ICCR 2013) IOP Publishing, „Journal of Physics: Conference Series” 2014, 489.
- Wojciechowski K., Pelikant A., *Zastosowanie protokołu DICOM oraz technologii J2EE w komunikacji między urządzeniami medycznymi a bazą danych*, w: *Bazy danych Nowe technologie, Bezpieczeństwo, wybrane technologie i zastosowanie*, red. St. Kozielski, D. Mrozek, P. Kasprowski, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2007, s. 229–237.
- Wyczechowski M., Wąs Ł., Pietrzak Ł., *Analiza zmian chorób skórnych przy pomocy odwzorowań przestrzeni barw*, „Informatyka, Automatyka, Pomiar w Gospodarce i Ochronie Środowiska” 2017, T. 7, nr 3, s. 68–71.
- Zielas D., Pelikant A., *Przetwarzanie i analiza danych medycznych na platformie ORACLE z zastosowaniem DICOM*, „Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Informatyki w Łodzi” 2012, Vol. 11, Nr 1, s. 39–52.

* * *

The potential of ICT and its use in healthcare

Abstract

The article presents the scope of medical activities, the development of which is significantly affected by the use of computer science (IT) and telecommunications (ICT) tools. On the other hand, it indicates the potential of both of these fields of science and technology. This review is mainly based on research carried out at the Faculty of

Electrical Engineering, Electronics, Computer Science and Automation at the Lodz University of Technology, and in particular on the research carried out by the author and the team cooperating with him. Paths that can implement R&D solutions have been indicated, while at the same time emphasizing factors that have inhibited this process.

Keywords: medical informatics, medical scanners, signal processing, data integration, analytical processing, data mining