

ZARZĄDZANIE I TECHNOLOGIE INFORMACYJNE



TOM 3

TECHNOLOGIE INFORMACYJNE W MEDYCYNIE



WYDAWNICTWO UNIwersYTETU ŚLĄSKIEGO KATOWICE 2008

ZARZĄDZANIE I TECHNOLOGIE INFORMACYJNE

TOM 3

TECHNOLOGIE INFORMACYJNE
W MEDYCYNIE

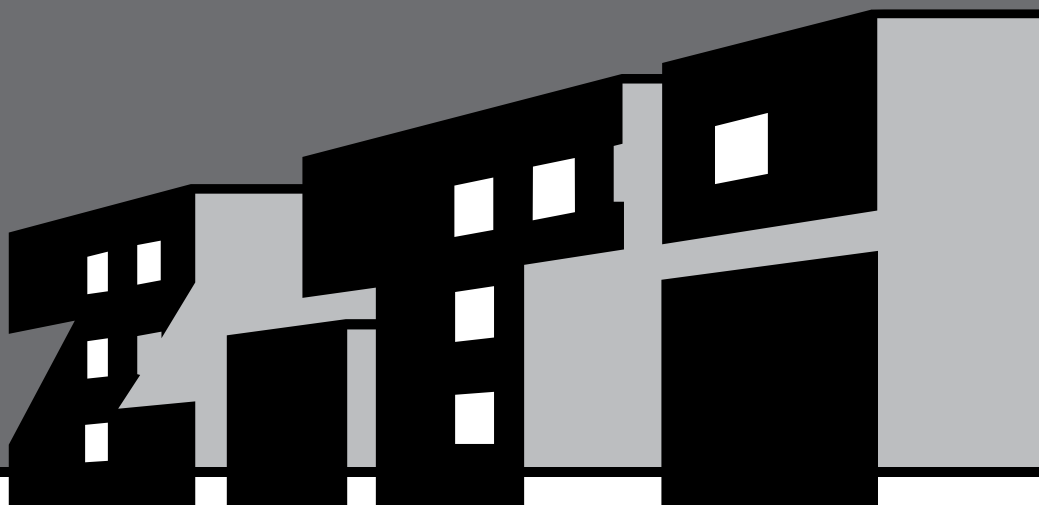


NR 2625



40 LAT
UNIWERSYTETU
ŚLĄSKIEGO

ZARZĄDZANIE I TECHNOLOGIE INFORMACYJNE



TOM 3

TECHNOLOGIE INFORMACYJNE W MEDYCYNIE

pod redakcją
Zygmunta Wróbla



WYDAWNICTWO UNIwersYTETU ŚLĄSKIEGO KATOWICE 2008

Redaktor serii: Zarządzanie i Technologie Informatyczne

Barbara Kożusznik

Recenzent

Jerzy Gołuchowski

Sekretarze naukow

Ewa Magiera

Katarzyna Trynda

Kolegium Redakcyjne

Adam Grzech (Politechnika Wrocławska)

Joanna Józefowska (Politechnika Poznańska)

Stanisław Juszczak (Uniwersytet Śląski w Katowicach)

Józef Korbicz (Uniwersytet Zielonogórski)

Jan Madey (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Mika (Akademia Ekonomiczna w Katowicach)

Mieczysław Moszkowicz (Politechnika Wrocławska)

Zofia Ratajczak (Uniwersytet Śląski w Katowicach)

Grażyna Szpor (Uniwersytet im. Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie)

Ryszard Tadeusiewicz (Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie)

Alicja Wakulicz-Deja (Uniwersytet Śląski w Katowicach)

Zygmunt Wróbel (Uniwersytet Śląski w Katowicach)

Publikacja jest dostępna także w wersji internetowej:

Central and Eastern European Online Library

www.cceol.com

Śląska Biblioteka Cyfrowa

www.sbc.org.pl

SPIS TREŚCI

Wstęp (Zygmunt Wróbel)	9
----------------------------------	---

Część I

WSPOMAGANIE ZARZĄDZANIA W SŁUŻBIE ZDROWIA

Rozdział 1

Od zarządzania informacją do tworzenia wiedzy – zastosowanie ICT w organizacjach sektora zdrowotnego

Aldona Frączkiewicz-Wronka, Agata Austen	13
--	----

Rozdział 2

Elektroniczny obieg dokumentów w jednostkach służby zdrowia

Marcin Tynda	40
------------------------	----

Rozdział 3

Business Intelligence w ochronie zdrowia

Grzegorz Bies	63
-------------------------	----

Rozdział 4

Informacja medyczna jako narzędzie w ratowaniu życia i zdrowia

Jolanta Kosmowska-Wojtal	85
------------------------------------	----

Część II

WSPOMAGANIE DIAGNOSTYKI MEDYCZNEJ

Rozdział 1

Korzystanie z Internetu medycznego przez mieszkańców Polski w 2005 roku – badanie sondażowe

Andrzej Staniszewski, Maria Magdalena Bujnowska-Fedak, Andrzej Steciwko	101
---	-----

R o z d z i a ł 2	
Internet medyczny i telemedycyna	
Piotr Kasztelowicz	110
R o z d z i a ł 3	
Współczesne systemy telekonsultacyjne w diagnostyce medycznej	
Jacek Cała, Łukasz Czekierda, Andrzej Gackowski, Krzysztof Zieliński	121
R o z d z i a ł 4	
Wspomaganie komunikacji i decyzji w środowisku usług telemedycznych	
Roman Słowiński, Jerzy Błaszczyński, Szymon Wilk	150
R o z d z i a ł 5	
Analiza klasyfikacji danych medycznych za pomocą wybranych metod sztucznej inteligencji	
Daria Bizoń	167
R o z d z i a ł 6	
Komputerowe wspomaganie gromadzenia i analizy danych z mikromacierzy oligonukleotydowych w badaniach ekspresji genów	
Magdalena Tkacz, Adam Wilczok	185
R o z d z i a ł 7	
Kalibracja w monitorach radiologicznych	
Jan Siwek	200

Część III

KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE TERAPII

R o z d z i a ł 1	
Telerehabilitacja – aplikacje praktyczne w ortopedii i traumatologii narządu ruchu	
Wojciech Glinkowski, Monika Wasilewska, Konrad Mąkosa, Andrzej Górecki	225
R o z d z i a ł 2	
Zastosowanie nowoczesnych rozwiązań teleinformatycznych w diagnostyce pacjentów z urazami wielonarządowymi	
Artur Wojciechowski, Wojciech Glinkowski, Marek Gołębiowski, Andrzej Górecki	242
R o z d z i a ł 3	
Wspomagane komputerowo planowanie zabiegów oraz nawigacja śródoperacyjna w chirurgii twarzowo-szczękowej	
Zdzisław Król, Jonas Chapuis, Frank Langlotz, Hans-Florian Zeilhofer, Katja Schwenzer-Zimmerer	249
Noty o Autorach	265

CONTENTS

Preface (<i>Zygmunt Wróbel</i>).	9
--	---

Part I

MANAGEMENT SUPPORT IN HEALTH SERVICES

Chapter 1	
From Information Management to Knowledge Management – Employing ICT in Healthcare Organizations	
Aldona Frączkiewicz-Wronka, Agata Austen	13
Chapter 2	
Electronic Document Exchange in Health Care Units	
Marcin Tynda	40
Chapter 3	
Business Intelligence in Health Services	
Grzegorz Bies	63
Chapter 4	
Medical Information as a Tool for Saving Life and Health	
Jolanta Kosmowska-Wojtal	85

Part II

MEDICAL DIAGNOSTIC SUPPORT

Chapter 1	
Medical Internet Usage by the Residents of Poland – a National 2005 Survey Research	
Andrzej Staniszewski, Maria Magdalena Bujnowska-Fedak, Andrzej Steciwko	101

Chapter 2	
Medical Internet and Telemedicine	
Piotr Kasztelowicz	110
Chapter 3	
Modern Teleconsultation Systems in Medical Diagnostics	
Jacek Cała, Łukasz Czekierda, Andrzej Gackowski, Krzysztof Zieliński	121
Chapter 4	
Communication and Decision Support in the Environment of Telemedical Services	
Roman Słowiński, Jerzy Błaszczyński, Szymon Wilk	150
Chapter 5	
Analysis of Medical Data Classification by Using Selected Artificial Intelligence Methods	
Daria Bizoń	167
Chapter 6	
Computer Support for Gathering and Analysing Data from Oligonucleotide Microarrays in Research of Gene Expression	
Magdalena Tkacz, Adam Wilczok	185
Chapter 7	
Calibration in Radiological Monitors	
Jan Siwek	200

Part III

COMPUTER-AIDED THERAPY

Chapter 1	
Telerehabilitation – Practical Applications in Orthopaedics and Traumatology of the Locomotor System	
Wojciech Glinkowski, Monika Wasilewska, Konrad Mąkosa, Andrzej Górecki	225
Chapter 2	
Innovative Data Communication Solutions in Diagnostics of Politraumatized Patients	
Artur Wojciechowski, Wojciech Glinkowski, Marek Gołębiowski, Andrzej Górecki	242
Chapter 3	
Computer-Aided Surgery Planning and Intra-Operative Navigation in the Cranio-facial Surgery	
Zdzisław Król, Jonas Chapuis, Frank Langlotz, Hans-Florian Zeilhofer, Katja Schwenzer-Zimmerer	249
Contributors	265

WSTĘP

Technologie informacyjne w medycynie to tytuł trzeciego już tomu monografii tematycznej z serii „Zarządzanie i Technologie Informacyjne”, wydawanej w Uniwersytecie Śląskim. Głównym celem ukazującej się od trzech lat monografii jest zaprezentowanie nowoczesnych rozwiązań, które powstają zarówno w ośrodkach akademickich: uniwersytetach, politechnikach, akademiach ekonomicznych i medycznych, jak i w firmach zajmujących się daną problematyką. Wszystkie opisywane rozwiązania, niezależnie od tytułu tomu, łączy wspólna cecha, są one związane z zarządzaniem oraz technikami informacyjnymi. Na obecnym etapie nauki oczywiste jest, że nowoczesne zarządzanie może istnieć wyłącznie dzięki wykorzystaniu najnowszych osiągnięć z zakresu technologii informacyjnych. I odwrotnie, najnowsze osiągnięcia z dziedziny technologii informacyjnych inicjują stosowanie nowych metod w zarządzaniu, które wcześniej były niemożliwe do wdrożenia z braku możliwości technicznych, ale także ze względu na fakt, że koncepcja zarządzania często rodzi się w efekcie analizy nowych możliwości technologicznych.

W monografii przedstawiono zagadnienia związane z nowoczesnymi technologiami informacyjnymi, które są lub zaczną być stosowane w medycynie. Także w tym przypadku można zaobserwować, że – z jednej strony – nowe potrzeby medycyny wynikające z oczekiwań pacjentów i lekarzy wymuszają rozwój technologii, z drugiej zaś – możliwości technologiczne, wynalezione w ramach badań dotyczących nauk ścisłych, np. informatyki, elektroniki czy też telekomunikacji, umożliwiają zmianę organizacji zarządzania w medycynie.

Niezależnie od teoretycznej dyskusji, czy najpierw potrzeby pojawiają się w medycynie, czy też raczej postęp w naukach ścisłych umożliwia rozwój nowoczesnej medycyny, faktem niezaprzeczalnym staje się zjawisko infiltracji medycyny przez technikę. Dzięki temu mamy do czynienia ze stale zwiększającą się ilością informacji, która może być i będzie przydatna tylko w przypadku dobrze zorganizowanego zarządzania.

Zamieszczone w niniejszym tomie prace prezentują przykłady technologii informacyjnej w zastosowaniach do konkretnych zadań stawianych nowoczesnej medycynie. Nie mogło zabraknąć w tym opracowaniu rozwiązań telemedycznych, pozwalających na rozszerzenie możliwości świadczenia opieki medycznej, np. poprzez zapewnienie telekonsultacji. Opisano także bardziej kompleksowe rozwiązania będące odpowiedzią na potrzeby związane z zarządzaniem informacją medyczną w globalnym systemie opieki zdrowotnej.

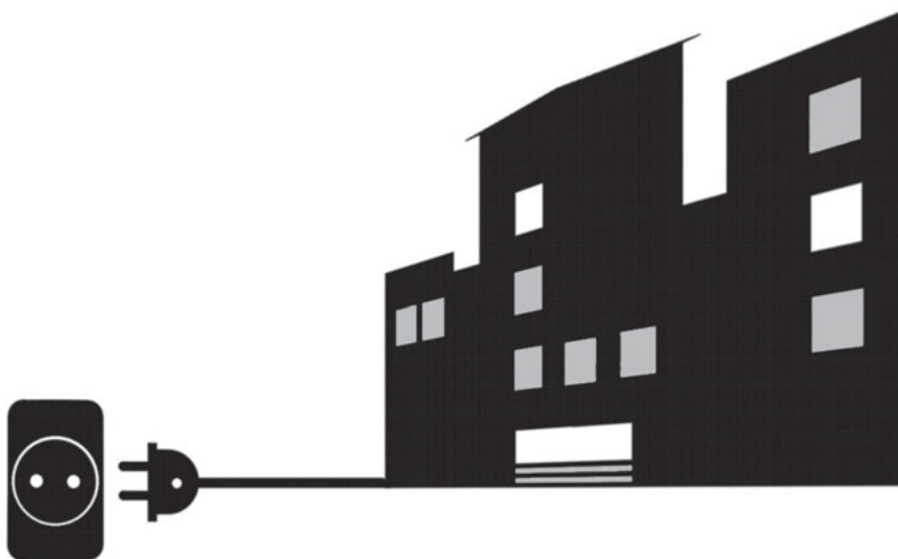
Jestem przekonany, że informacje zawarte w niniejszej monografii zainteresują wielu lekarzy różnych specjalności, ale także licznych czytelników — bez względu na ich wykształcenie i zainteresowania. Należy podkreślić ogromną rolę lekarzy w tworzeniu nowoczesnej technologii informacyjnej, która pomimo że jest rozwijana jako wynik pracy inżynierów, to jednak w końcowym efekcie dotyczy medycyny i pacjenta, za którego odpowiedzialność ponosi lekarz.

Zadaniem współtwórców nowoczesnych systemów informatycznych, lekarzy i inżynierów, jest dbanie o wysoką jakość opracowywanych rozwiązań, ale także stałe poprawianie jakości ich wykorzystania. Mam nadzieję, że niniejsza monografia przyczyni się do osiągnięcia tego celu.

W imieniu Autorów wszystkich prac przedstawionych w niniejszym opracowaniu zapraszam do lektury.

Zygmunt Wróbel

Część I



WSPOMAGANIE ZARZĄDZANIA
W SŁUŻBIE ZDROWIA

R o z d z i a ł 1

OD ZARZĄDZANIA INFORMACJĄ DO TWORZENIA WIEDZY – ZASTOSOWANIE ICT W ORGANIZACJACH SEKTORA ZDROWOTNEGO

Aldona Frączkiewicz-Wronka, Agata Austen

Streszczenie: W niniejszym opracowaniu zaprezentowano kwestie dotyczące informatyzacji organizacji sektora ochrony zdrowia w kontekście zarządzania informacją i wiedzą. Zmiana w kierunku gospodarki opartej na wiedzy oraz społeczeństwa informacyjnego jest widoczna również w sektorze ochrony zdrowia. Rozpoczynając od prezentacji znaczenia technologii informacyjnych i telekomunikacyjnych (ICT) dla rozwoju gospodarczego, spójności społecznej oraz podniesienia jakości standardu życia obywateli, odniesiono się także do polityk wspólnotowych. Jedną z inicjatyw, która ma szczególne znaczenie dla sektora ochrony zdrowia, jest e-Health – koncepcja ta oznacza zastosowanie technologii informatycznych i komunikacyjnych (ICT) we wszystkich rodzajach funkcji państwa, które wpływają na zdrowie obywateli. Realizacja tej koncepcji wymaga wypracowania rozwiązań w zakresie technologii ICT. W rozdziale przedstawiono znaczenie implementacji technologii ICT do zarządzania wiedzą w organizacjach sektora ochrony zdrowia. Omówiono też wyzwania związane z wdrożeniem koncepcji zarządzania wiedzą.

Słowa kluczowe: zarządzanie informacją, zarządzanie wiedzą, sektor ochrony zdrowia, e-Health

Abstract: This paper presents issues concerning the informatization of healthcare organizations in the context of information and knowledge management. The shift towards knowledge-based economy and knowledge society has also been noticeable in the healthcare sector. Starting from presenting the meaning of ICT for economic growth, coherence of society and increased life standard of citizens, we also refer to UE policies referring to ICT. One of the UE initiatives that is of particular importance for the healthcare sector is e-Health, which means using ICT in all types of government activities that influence health of the citizens. Introducing e-Health requires developing ICT solutions and implementing them in healthcare organizations. This paper also discusses the meaning of implementation of ICT technologies for enabling knowledge

management in healthcare organizations. We also show challenges of introducing knowledge management.

Keywords: information management, knowledge management, healthcare organizations, e-health

1. Wstęp

Stopniowe tworzenie Wspólnoty Europejskiej, które było podstawowym kierunkiem rozwoju państw starego kontynentu po II wojnie światowej, przyniosło niekwestionowane korzyści: pokojowe współżycie między narodami, sukces gospodarczy, dobrobyt i bezpieczeństwo socjalne. Integracja, której głównym kołem zamachowym przez lata był rozwój gospodarczy, napotyka jednakże obecnie wiele wyzwań zewnętrznych, związanych z globalizacją wspieraną przez nowe technologie informatyczne i telekomunikacyjne, rosnącą konkurencję innych gospodarek światowych, a w szczególności Stanów Zjednoczonych i Azji; pojawiają się także strukturalne bariery wewnętrzne hamujące wzrost gospodarczy i stanowiące poważne zagrożenie dla dalszego pomyślnego rozwoju Europy (P a w ł o w i c z 2005). Wielu analityków wskazuje, że podstawowym problemem widocznej stagnacji Europy w stosunku do USA i Japonii są: konsekwencje przyjęcia modelu wzrostu gospodarczego opartego na czynnikach zatrudnieniowych, starzenie się społeczeństw oraz zbyt wysoki poziom ochrony socjalnej wynikający z uznanych historycznie pryncypiów społecznych. Poszukuje się zatem innego niż dotychczasowy sposobu na dalszy rozwój, przyjmując jako dominujące te działania, które mają na celu modernizację europejskiego modelu społecznego, tak by wspierał on rozwój gospodarki opartej na wiedzy oraz odpowiadał na współczesne wyzwania ekonomiczne, demograficzne i wynikające z globalizacji¹.

Nowym, obowiązującym u progu XXI wieku, sposobem kształtowania rozwoju stały się zasady zawarte w Strategii Lizbońskiej, która w założeniu ma przezwyciężyć strukturalne bariery wewnętrzne i spowodować dynamiczny rozwój państw stowarzyszonych we Wspólnocie. Głównym celem tej Strategii jest stworzenie na terytorium Europy, do roku 2010, najbardziej konkurencyjnej gospodarki na świecie. Sama Strategia skupia się na kwestiach innowacyjności (gospodarka oparta na wiedzy), liberalizacji (rynków telekomunikacji, energii, transportu oraz rynków finansowych), przedsiębiorczości (ułatwienia w zakłada-

¹ O kształcie tego modelu zadecydowały trendy, które stały się widoczne w końcu XX wieku: zwiększający się głównie w poziomie życia, dynamice rozwoju gospodarczego i innowacyjności gospodarki dystans między Europą a USA i Japonią, dynamiczny rozwój przedsiębiorczości opartej na nowoczesnych technologiach oraz prognozowane zmiany demograficzne i ich konsekwencje.

niu i prowadzeniu działalności gospodarczej) oraz spójności społecznej (kształtowanie nowego aktywnego państwa socjalnego). Strategia Lizbońska pierwotnie sformułowana w roku 2000, reorientowana w 2004 roku², jest zbudowana na podstawie trzech głównych segmentów, którymi są: rozwój gospodarczy, spójność społeczna oraz rozwój zasobów ludzkich (Ciechańska 2002). Całość działań we wszystkich segmentach została wpisana w koncepcję zrównoważonego rozwoju.

W opracowaniu przygotowanym przez Polskie Forum Strategii Lizbońskiej *Regionalne strategie i systemy innowacji. Najlepsze praktyki. Rekomendacje dla Polski* Autorzy wskazują na potrzebę skoncentrowania wysiłków na dwóch priorytetach: poprawie dostępu przedsiębiorstw do różnego rodzaju źródeł informacji oraz podniesieniu w nich poziomu kapitału ludzkiego. W ich opinii jest to konsekwencja konieczności dostosowania się regionów do charakteru współczesnych procesów kształtujących konkurencyjność i innowacyjność, gdzie kapitał społeczny i dostęp do rynku informacji, a nie tylko do rynku zasobów materialnych, jest kluczem do sukcesu.

Jednym z obszarów kluczowych dla pomyślnego rozwoju Polski, wskazanym w *Narodowym planie rozwoju*, jest dalsza sanacja systemu ochrony zdrowia. System ten można określić jako społeczny, złożony, dynamiczny funkcjonalnie, system tworzony i używany przez społeczeństwo w celu znalezienia medycznych oraz społecznych środków ochrony i poprawy zdrowia oraz ciągłego komunikowania i przekazywania wiedzy medycznej (Późdź i och 1996). Zaspokojenie potrzeb zdrowotnych obywateli, które wchodzi w zakres zdrowia publicznego, jawi się jako jedna z najważniejszych płaszczyzn rozwoju, zarówno z punktu widzenia państwa, jak i regionu. Dla władz samorządowych jest to niezwykle trudne zadanie, albowiem określenie, jak najlepiej lokować skromne zasoby, wychodząc naprzeciw potrzebom przyjętym do realizacji w obszarze zdrowia publicznego, jest złożone. Główna trudność spowodowana jest mnogością uwarunkowań zdrowia i rodzajów chorób oraz szerokiego zakresu czynników społecznych mających związek z istniejącą polityką gospodarczą i społeczną, szczególnie obecnie, gdy mamy do czynienia z upadkiem społeczno-demokratycznego opiekuńczego modelu państwa zarówno w Polsce, jak i w innych państwach Unii Europejskiej.

Abby przedsięwzięcia w zakresie zdrowia publicznego były skuteczne, podmioty działające w tej sferze muszą być zdolne do uzyskiwania pożądaných środków finansowych i mieć wpływ na osoby odpowiedzialne za działania wykonawcze, aby podejmowane decyzje były sensowne i racjonalne (Frączyk i Kwicz - Wróńska 2005). Wspólną cechą w obszarze zdrowia publicznego

² W listopadzie 2004 roku przedstawiono dokument: *Facing the challenge. The Lisbon Strategy for growth and employment*. Report from the High Level Group chaired by Wim Kok, European Communities 2004, w którym zwrócono uwagę na brak pełnej realizacji zakładanych w roku 2000 celów strategii i w związku z tym potrzebę ich reorientacji.

go dla większości krajów członkowskich UE jest przyjmowanie ogólnych założeń pierwszej strategii WHO „Zdrowie dla Wszystkich” jako swoistego odniesienia dla formułowania celów polityki ochrony zdrowia, takich jak: równość, promocja zdrowia, uczestnictwo społeczeństwa lokalnego, współpraca międzysektorowa, podstawowa opieka zdrowotna, współpraca międzynarodowa (WHO 1985) i budowanie na ich podstawie strategii.

2. Powstanie społeczeństwa informacyjnego

Zgodnie z wytycznymi Strategii Lizbońskiej, w celu zaspokojenia potrzeb nowoczesnych gospodarek państw członkowskich, konieczne jest również prze-modelowanie zachowań społeczeństwa w taki sposób, aby było możliwe budowanie modelu gospodarczego opartego na wiedzy. Oznacza to, że współczesne społeczeństwa żyjące w krajach wysoko rozwiniętych wchodzą w okres rozwoju tzw. społeczeństwa informacyjnego. Społeczeństwo takie to nowa jakość zarówno w życiu zbiorowym, jak i indywidualnym. Idea ta nie oznacza wyłącznie zastosowania metod informatyki do rozwiązywania problemów z zakresu telekomunikacji, chociaż właśnie Internet odgrywa olbrzymią rolę w popularyzacji tej idei, pokazując dobitnie, jak wielkie zmiany występują w wybranej dziedzinie życia w momencie, gdy na wielką skalę zostaną w niej zastosowane tzw. technologie informacyjne. W rozwoju społeczeństwa informacyjnego upatruje się możliwości szybszego rozwoju ekonomicznego, większej spójności społeczeństwa oraz podniesienia jakości standardu życia obywateli.

Społeczeństwo informacyjne to w istocie społeczeństwo oparte na wiedzy, w którym powiększanie i wykorzystywanie zasobów wiedzy staje się powszechne i wspomagane szeroko stosowanymi technologiami informacyjnymi we wszystkich dziedzinach życia społecznego. Jednak wizja ta zostanie zrealizowana tylko wtedy, gdy obywatele będą posiadali odpowiednie umiejętności wykorzystania technologii informacyjnych, a decydenci będą wspierać kreowanie modeli i portali informatycznych przenikających wszystkie dziedziny życia.

Społeczeństwo informacyjne może być najprościej zdefiniowane jako społeczeństwo, w którym dostęp do informacji i jej wykorzystanie odgrywa dominującą rolę w życiu społecznym, gospodarczym i politycznym. Pojęcie to obejmuje wiele różnych kwestii, począwszy od rozwoju infrastruktury i usług sieciowych oraz elektronicznych, wspierania przyjmowania technologii informacyjnych i telekomunikacyjnych (ICT) przez przedsiębiorstwa celem podnoszenia ich konkurencyjności, poprzez aspekty społeczne związane np. z niwelowaniem istniejącej przepaści cyfrowej (*digital divide*) czy wspieraniem zdolności cyfrowych (*digital literacy*) po rozwój elektronicznych usług publicznych (*eGovern-*

ment). Ta definicja wskazuje na określone cechy, które muszą być wzięte pod uwagę, aby można było faktycznie mówić o osiągnięciu tego poziomu rozwoju. Wśród tych cech mamy takie, jak: powszechny dostęp do elektronicznych środków przekazu informacji oraz zróżnicowanej techniki komunikacyjnej, nieskrępowany dostęp do sieci wszystkich operatorów i usługodawców oraz zdolność wzajemnego łączenia się i przetwarzania danych.

Technologie społeczeństwa informacyjnego w coraz większym stopniu przekształcają codzienne życie. Ich społeczny i ekonomiczny wpływ sięga daleko i przedstawia kluczowe możliwości i wyzwania dla osób indywidualnych, przemysłu i rządów. Poza nowymi formami działań w biznesie i uzyskiwania dostępu do usług nadzieje obywateli na lepszą jakość życia wzrastają, gdy zaczynają oni doceniać szeroki zakres możliwości oferowanych przez zastosowania i produkty ICT. Można zaobserwować tego przykłady w rozwoju szeroko otwartych na świat społeczeństw, które wspólnie użytkują wiedzę i zasoby na potrzeby pracy, edukacji, kultury i wypoczynku. Zdolność Europy, by skutecznie zarządzać tą transformacją i by przyczynić się znacząco do jej postępu, ma kluczowe znaczenie dla zatrudnienia, wzrostu, przemysłowej konkurencyjności i standardu życia obywateli. Wraz ze wzrostem oczekiwań rośnie też ryzyko, takie jak społeczne wykluczenie pozostających poza ICT lub pogwałcenie zabezpieczenia i prywatności informacji. Ryzyko to muszą wziąć pod uwagę działacze polityczni, przemysł i całe społeczeństwo.

Mimo że obszar nowoczesnych technologii komunikacyjnych był w polu zainteresowania państw Wspólnoty już od końca lat 60., to faktyczny rozwój technologii cyfrowych nastąpił w latach 90. z uwagi na rewolucyjne wręcz zmiany, które zaistniały na tym rynku. Zmiana jakościowa (z uwagi na obniżenie kosztów produkcji i w konsekwencji zwiększenie dostępności do *software* i *hardware*), która wtedy nastąpiła, w wyraźny sposób wpłynęła na charakter funkcjonowania wspólnego rynku. Stany Zjednoczone zaczęły, z uwagi na wysoki poziom wykorzystania ICT w gospodarce i usługach, stanowić coraz większe wyzwanie dla systemu ekonomicznego Wspólnoty. Pojawiła się zatem potrzeba podjęcia konkretnych działań politycznych na najwyższym szczeblu mających na celu odwrócenie tendencji.

Budowa społeczeństwa informacyjnego stanowiła od początku jeden z głównych celów Strategii Lizbońskiej, będąc tym samym kluczowym elementem wspierającym rozwój gospodarki opartej na wiedzy. Budowanie społeczeństwa informacyjnego narzuca wymóg ogólnego dostępu do informacji. W wachlarzu działań podejmowanych na szczeblu Wspólnoty inicjatywa: **społeczeństwo informacyjne** obejmuje wiele różnych kwestii, począwszy od rozwoju infrastruktury i usług sieciowych oraz elektronicznych, wspieranie implementacji technologii informacyjnych i telekomunikacyjnych (ICT), stymulowanie rozwoju przedsiębiorstw w celu podnoszenia ich konkurencyjności, poprzez aspekty społeczne związane ze zmniejszaniem istniejącej przepaści cyfrowej (*digital*

divide), wspieraniem zdolności cyfrowych (*digital literacy*) aż do wspierania rozwoju elektronicznych usług publicznych (*e-Government*). Ambitnym celem zapisanym w Strategii Lizbońskiej jest doprowadzenie do takiego poziomu wiedzy i umiejętności, aby wszyscy ludzie posiadali podstawowy zbiór kompetencji, by móc się uczyć, pracować i realizować się w społeczeństwie oraz gospodarce opartej na wiedzy (Murray 2004, s. 1–4).

Na szczycie Wspólnoty w Helsinkach w grudniu 1999 roku Romano Prodi, przewodniczący Komisji Europejskiej, sformułował zasady inicjatywy *e-Europe – Information Society for All* – dokumentu, którym formalnie zainicjowano działania związane z prawną i finansową konkretyzacją idei społeczeństwa informacyjnego w państwach akcesyjnych (*e-Europe+*) i we Wspólnocie (*e-Europe 2002*). Program ten miał na celu przyspieszenie modernizacji ekonomicznej i społecznej krajów członkowskich oraz kandydujących, jak również zniwelowanie różnic w dostępie do informacji. Główne cele *e-Europe* to: „[...] Przeniesienie każdego obywatela, domu i szkoły, każdego biznesu i administracji w »wiek cyfrowy i internetowy; stworzenie Europy wyedukowanej w zakresie technik cyfrowych, wspieranej przez kulturę przedsiębiorczości, gotową finansować i rozwijać nowe idee; zagwarantowanie, że ten proces obejmie całe społeczeństwo, zbuduje zaufanie konsumentów i wzmocni społeczną spójność«”.

Realizacja pierwotnych założeń Strategii Lizbońskiej została w roku 2004 poddana ocenie przez Grupę Wysokiego Wsparcia pod kierownictwem Wima Koka, powołaną przez Komisję Europejską³. Efektem tych prac było opublikowanie raportu: *Facing the challenge – the Lisbon Strategy for growth and employment* i nowe określenie celów Strategii Lizbońskiej przyjętej przez państwa członkowskie wiosną 2005 roku. Podkreślono w nim znaczenie budowy społeczeństwa informacyjnego dla rozwoju Unii Europejskiej, zauważono bowiem, że ICT przeniknęły zarówno sferę gospodarczą, jak i społeczną. Stąd też wśród pięciu głównych celów zreformowanej Strategii Lizbońskiej priorytet budowania gospodarki opartej na wiedzy, który odnosił się także do zagadnień związanych ze społeczeństwem informacyjnym. Jedną z rekomendacji odnosiła się do konieczności priorytetowego potraktowania implementacji nowego *Planu działań e-Europe 2005*, z głównym naciskiem położonym na *e-Government* (**e-administrację**), celem pełnego wykorzystania potencjału ICT⁴.

Jednocześnie Komisja Europejska w raporcie z lutego 2005 roku, przygotowanym na wiosenne posiedzenie Rady Europejskiej (European Commission

³ Ze strony polskiej w skład grupy wchodził prof. dr hab. Dariusz Rosati.

⁴ W raporcie zalecono także pełne wdrożenie przez państwa członkowskie przyjętych w 2002 roku aktów regulacyjnych w dziedzinie komunikacji elektronicznej oraz zwiększenie dostępności sieci szerokopasmowych tak, aby możliwe było osiągnięcie co najmniej 50% wskaźnika penetracji w 2010 roku. W raporcie podkreślono również, że Europa potrzebuje otoczenia regulacyjnego, które będzie stymulować rozwój wspólnych standardów oraz dyfuzję nowych technologii poza granice UE.

2004), będącym propozycją założeń zreformowanej Agendy Lizbońskiej, podkreśliła znaczenie ICT w zakresie podnoszenia produktywności i innowacyjności UE. W tym kontekście zarekomendowała ona:

- wzmocnienie inwestycji w ICT oraz kontynuowanie wykorzystywania ICT we wszystkich obszarach życia społecznego i gospodarczego,
- podejmowanie działań w różnorodnych obszarach powiązanych z ICT, takich jak B + R, rozwój elektronicznych usług publicznych, budowa infrastruktury (przede wszystkim sieci szerokopasmowych), także w kontekście konieczności rozwoju obszarów wiejskich w tym aspekcie oraz
- proponowanie licznych działań w aspekcie stosowania ICT, np. w podnoszeniu kwalifikacji siły roboczej.

Raport przygotowany przez W. Koka uświadomił decydentom unijnym potrzebę mocniejszego niż do 2004 roku wspierania tych działań, które związane są ze sferą ICT, albowiem tylko one mogą znacząco wpłynąć na uzyskanie wzrostu gospodarczego i utworzenie nowych miejsc pracy, co jest priorytetem nowej, okrojonej Strategii Lizbońskiej. Paradygmat funkcjonowania gospodarki opartej na wiedzy faktycznie oznacza gospodarkę cyfrową, z silnym akcentem położonym właśnie na technologie informacyjne i telekomunikacyjne, będące kluczowym czynnikiem określającym jakość życia europejskich konsumentów.

Uświadomienie sobie roli i znaczenia ICT dla kreowania wzrostu gospodarczego i ładu społecznego, jak również potencjalnych zagrożeń dla harmonijnego rozwoju wynikających z ekskluzji grup społecznych, regionów lub państw ze społeczeństwa informacyjnego, posłużyło jako asumpt do dalszych prac podejmowanych przez UE, mających na celu dowartościowanie tej sfery⁵. Podejście to zostało w pełni sformalizowane w konkluzjach Rady Europejskiej z marca 2005 roku, w których podkreślono znaczenie dokończenia budowy w pełni inkluzywnego społeczeństwa informacyjnego, opartego na szerokim zastosowaniu technologii informacyjnych i komunikacyjnych w sektorze usług publicznych, małych i średnich przedsiębiorstwach oraz gospodarstwach domowych. Podjęto również szeroką debatę publiczną nad przyszłością europejskiego społeczeństwa informacyjnego i sformułowano nowy program *i2010: European Information Society 2010*, który zaprezentowano 3 czerwca 2005 roku.

Realizacji owych celów zgodnie z wytycznymi Komisji Europejskiej porządkowany jest rozwój dziesięciu obszarów tematycznych, które UE zamierza

⁵ Cenną inicjatywą było stworzenie konsorcjum badawczego BISER – Benchmarking the Information Society: e-Europe Indicators for European Regions kierowanego przez Empirica (Bonn, Niemcy) i obejmującego następujących partnerów: Danish Technological Institute (Taastrup, Dania), Local Futures Group (Londyn, Wielka Brytania), Salzburg Research (Austria), University of Rome (Włochy), Work Research Centre Ltd (Dublin, Irlandia). Projekt badawczy był finansowany przez Komisję Europejską w ramach programu Information Society Technology (1998–2002). Jego wyniki zostały opublikowane w 2004 roku.

wspierać w ciągu następnych lat poprzez programy wspólnotowe⁶, tworząc podstawy prawne oraz przeznaczając na ich realizację znaczące środki finansowe⁷. Wskazane powyżej obszary to: 1) wprowadzenie Internetu, środków multimedialnych do szkół i adaptacja na potrzeby edukacyjne **e-edukacja** (*e-Learning*); 2) tańszy dostęp do Internetu; 3) szybki Internet dla naukowców i studentów; 4) karty elektroniczne dla bezpieczeństwa dostępu do informacji (**e-bezpieczeństwo**); 5) **e-handel** (*e-Commerce*); 6) uwzględnienie potrzeb osób niepełnosprawnych; 7) **e-administracja** (*e-Government*); 8) **e-zdrowie** (*e-Health*); 9) inteligentny transport; 10) finansowanie innowacyjnych projektów z dziedziny ICT.

Program *i2010* przedstawia nowe kierunki działań w zakresie społeczeństwa informacyjnego, wspierające realizację zreformowanej Strategii Lizbońskiej (European Commission 2005). Trzy zaprezentowane priorytety odzwierciedlają w rzeczywistości główne dylematy stojące przed efektywnym wykorzystywaniem potencjału płynącego z funkcjonowania społeczeństwa informacyjnego w UE. I tak:

- Pierwszym z trzech priorytetów przyjętego *Planu działań i2010* jest stworzenie wspólnej europejskiej przestrzeni informacyjnej, promującej otwarty i konkurencyjny rynek. W obrębie tego działania główny nacisk został położony m.in. na poprawę ram regulacyjnych dla komunikacji elektronicznej, dalsze upowszechnianie elektronicznych treści europejskich czy zagwarantowanie bezpieczeństwa obywateli UE w przestrzeni wirtualnej. Konieczność wzmocnienia jednolitej przestrzeni ICT w UE stanowi bowiem odpowiedź na rozwój innych regionalnych centrów, posiadających silne zaplecze informacyjne i tym samym jest reakcją na potencjalne zagrożenie utraty atrakcyjności wspólnego europejskiego rynku, także w wymiarze elektronicznym.
- Drugim wskazanym przez Komisję Europejską priorytetem w ramach *i2010* jest stymulowanie innowacji oraz inwestycji w badania w zakresie ICT. W kontekście dyskusji nad szczegółowymi założeniami następnego Programu Ramowego UE ds. Badań planowany budżet wsparcia wspólnotowego w ramach priorytetu 7. Programu związanego z ICT został zwiększony o ok. 80%. Ponadto zgodnie z projektem Programu Ramowego CIP⁸ zostanie wyodrębniony podprogram wsparcia polityki dotyczącej ICT z planowanym bu-

⁶ Przykładem jest 6 PR na lata 2002–2006, którego jednym z celów jest rozwój technologii społeczeństwa informacyjnego. Program finansuje inicjatywy systemów bezpieczeństwa i monitorowania środowiska naturalnego, handlu elektronicznego, bezpiecznych transakcji elektronicznych i dostępu obywatela do informacji. Program PROMISE wspiera tworzenie się europejskiego społeczeństwa informacyjnego, IDA – szybką wymianę informacji między administracjami publicznymi państw członkowskich, ECOM-IS – wykorzystanie handlu elektronicznego przez przedsiębiorstwa.

⁷ Inicjatywy *e-Europe* finansowane są również z funduszy strukturalnych.

⁸ CIP – Competitiveness and Innovation Programme (2007–2013) – program skierowany do małych i średnich przedsiębiorstw.

dżetem ok. 800 mln euro. Natomiast już w obecnym 6. Programie Ramowym cel budowy społeczeństwa informacyjnego znajduje swoje wyrażenie odniesienie, posiadając przy tym największy budżet na tle innych działań (ok. 30% środków). Priorytet *European Information Society Technologies* ma na celu połączenie publicznych i prywatnych projektów badawczych i promowanie transgranicznego ich charakteru. Biorąc pod uwagę istniejącą przepaść cyfrową między „nowymi” a „starymi” państwami członkowskimi, stopień złożoności i zaawansowania projektów może być różnorodny, co może jednocześnie stanowić zagrożenie dla niesymetrycznego rozkładu beneficjentów wsparcia. Promowanie transgranicznego charakteru projektów powinno służyć zagwarantowaniu większej spójności w ramach UE i tworzeniu priorytetowo traktowanej obecnie jednolitej przestrzeni informacyjnej⁹.

- Trzecim i ostatnim priorytetem wpisanym w *i2010* jest osiągnięcie spójności w ramach europejskiego społeczeństwa informacyjnego, opartej na wzroście gospodarczym zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju oraz na poprawie jakości usług sektora publicznego. Największe wyzwanie stanowi w tym zakresie problem starzenia się społeczeństw¹⁰, który diametralnie zmienia kontekst funkcjonowania gospodarki opartej na wiedzy, uwypuklając kwestie związane z elektronicznym wymiarem opieki zdrowotnej (**e-zdrowie**) czy wykorzystaniem technologii informacyjnych i telekomunikacyjnych jako czynnika podnoszącego jakość życia na wielu płaszczyznach – począwszy od ułatwionego dostępu do dóbr kultury dzięki internetowym bibliotekom, po efektywnie działające elektroniczne usługi publiczne, tj. całą sferę **e-administracji** (*e-Government*) lub służby zdrowia online (*e-Health*).

Trzy wyszczególnione w *Planie działań i2010* priorytety w zakresie kształtowania się społeczeństwa informacyjnego potwierdzają horyzontalny charakter nowych inicjatyw. Kontekst technologii informacyjnych i telekomunikacyjnych przeniknął praktycznie w każdą z polityk wspólnotowych, stając się

⁹ W UE poziom inwestycji w badania w zakresie ICT, gdzie wielkość inwestycji w przeliczeniu na mieszkańca wynosi 80 euro, odbiega od Japonii i Stanów Zjednoczonych, w których wskaźnik ten wynosi odpowiednio 350 i 400 euro. W tym kontekście pojawia się jednakże kwestia, w jaki sposób wzrost nakładów publicznych może mieć bezpośrednie przełożenie na zdynamizowanie wydatków w tym zakresie ze strony sektora prywatnego, w szczególności małych i średnich przedsiębiorstw. Według danych OECD dostępnych dla UE-15 inwestycje sektora prywatnego w ICT wyniosły w 2003 roku tylko 23 mld euro w porównaniu z wysokością inwestycji w USA i w Japonii (odpowiednio 83 mld euro i 40 mld euro), przy inwestycjach z sektora publicznego w wysokości odpowiednio 8 mld euro (UE-15), 20 mld euro (USA) i 11 mld euro (Japonia). Udział ICT w całości środków przeznaczonych na B + R wyniósł w Europie w tym okresie 18%, podczas gdy w USA i w Japonii kształtował się on na poziomie 34–35%.

¹⁰ Zielona Księga Komisji Europejskiej dotycząca zmian demograficznych (*Green Paper on Demographic Change*) z marca 2005 roku wskazała na dynamikę procesu starzenia się społeczeństwa europejskiego.

tym samym czynnikiem, który w bardzo wymierny sposób może wpłynąć na ich efektywność. O uznaniu znaczenia ICT świadczy też fakt, iż Komisja Europejska zobligowała państwa członkowskie w *Strategii i2010* do wpisania priorytetów związanych ze społeczeństwem informacyjnym, a przede wszystkim stosowania ICT, rozwojem infrastruktury i rolą ICT na rynku pracy oraz w systemie edukacyjnym do krajowych programów reform realizujących nowe *Zintegrowane wytyczne wspólnotowe*¹¹. Z pewnością główny ciężar przyszłych działań państw członkowskich powinien zostać skierowany na podniesienie poziomu zaawansowania rozwoju elektronicznych usług publicznych (**e-administracja**). Według ostatniego raportu Capgemini, przygotowanego na zlecenie Komisji Europejskiej i opublikowanego w marcu 2005 roku (Capgemini 2004), średni poziom rozwoju *e-Government* w UE-25 wynosi 68% (Polska: 35%), natomiast poziom ich interaktywności elektronicznych usług publicznych kształtuje się na poziomie jedynie 40% (Polska: 10%) (Eurostat 2005).

Stąd m.in. uruchomienie działań mających na celu poprawę otoczenia infrastrukturalnego, a następnie rozwoju sieci szerokopasmowych i sieci transeuropejskich (*e-TENs* w kontekście *Europejskiej inicjatywy na rzecz wzrostu*)¹². Państwa członkowskie zobowiązały się do realizacji trzech głównych celów strategicznych, w obrębie których wskazano 10 obszarów działania. Cele strategiczne to:

- upowszechnienie cywilizacji informacyjnej wśród obywateli Europy, szkół, przedsiębiorstw oraz administracji publicznej,
- wspieranie rozwoju nowych technologii informatycznych i komunikacyjnych,
- wzmocnienie spójności socjalnej.

Podjęcie w pierwotnym planie *e-Europe* działań, których celem było wzmocnienie możliwości korzystania z Internetu przez wszystkie grupy społeczne, stanowiło warunek podstawowy rozwoju czterech głównych horyzontalnych inicjatyw wpływających na kształt europejskiego społeczeństwa informacyjnego, czyli **e-biznesu**, **e-administracji**, **e-edukacji** oraz **e-zdrowia** oraz możliwości pełnej realizacji założeń Strategii Lizbońskiej. Perspektywa społeczeństwa informacyjnego powoduje radykalną reorientację w relacjach i strukturach przestrzennych, a globalizacja prowadzi do umiędzynarodowienia gospodarowania i włączania regionów, a nie tylko państw, w ogólne trendy rozwojowe i globalne konkurowanie. Pozwala na transfer technologii i innowacji, nabywanie nowych doświadczeń i umiejętności oraz kształtowanie się nowego jakościowo kapitału ludzkiego i społecznego. Region, który jako podmiot

¹¹ *Zintegrowane wytyczne wspólnotowe* stanowią wyraz nowego podejścia we wdrażaniu zreformowanej wiosną 2005 r. Strategii Lizbońskiej i integrują *Ogólne wytyczne polityki gospodarczej i Europejską strategię zatrudnienia*.

¹² *Europejska inicjatywa na rzecz wzrostu* została formalnie przyjęta na szczycie Rady Europejskiej w grudniu 2003 roku i odnosi się do transeuropejskich projektów infrastrukturalnych oraz projektów inwestycyjnych w wiodące technologie.

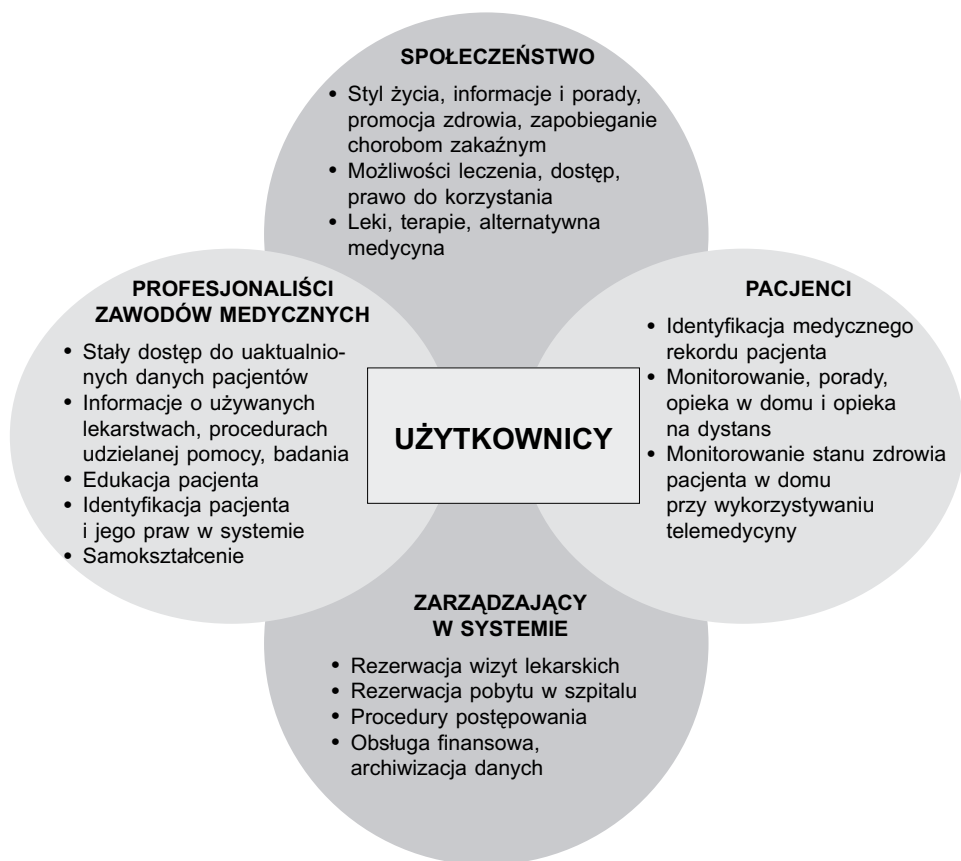
władzy działa za pomocą jednostek samorządu terytorialnego, staje się obszarem, w którym ogniskują się umiejętności kreowania wiedzy i zaczyna funkcjonować specyficzny mechanizm jej kolekcjonowania (agregowania) i przechowywania oraz budowania nowych idei (Szaban 2005).

Idea społeczeństwa informacyjnego w coraz większym stopniu przekształca nasze życie. Społeczny i ekonomiczny wpływ technologii informatycznych jest rozległy oraz przedstawia kluczowe możliwości i wyzwania dla osób indywidualnych, przemysłu i rządów. Poza nowymi formami działań w biznesie i użytkowaniu dostępu do usług nadzieje obywateli na lepszą jakość życia wzrastają, gdy zaczynają oni doceniać szeroki zakres możliwości oferowanych przez zastosowania i produkty ICT. Można zaobserwować przykłady tego w rozwoju szeroko otwartych na świat społeczeństw, które wspólnie użytkują wiedzę i zasoby na potrzeby pracy, edukacji, kultury i wypoczynku. Zdolność Europy, by skutecznie zarządzać tą transformacją i by przyczynić się znacząco do jej postępu, ma kluczowe znaczenie dla zatrudnienia, wzrostu, przemysłowej konkurencyjności i standardu życia obywateli. Wraz ze wzrostem oczekiwań rośnie też ryzyko, takie jak społeczne wykluczenie pozostających poza społeczeństwem informacyjnym lub pogwałcenie zabezpieczenia i prywatności informacji. Ryzyko to muszą wziąć pod uwagę: działacze polityczni, przemysł i całe społeczeństwo.

3. Cyfrowa ochrona zdrowia na wyciągnięcie ręki

Jedną z wielu inicjatyw Wspólnoty w obszarze zdrowia stało się umieszczenie w planie *e-Europe 2002*, który został przyjęty podczas szczytu w Feira w czerwcu 2000 roku, wśród 10 obszarów tematycznych na ósmej pozycji: *e-Health*, czyli **służby zdrowia online**. W kontekście *e-Europe* koncepcja **e-zdrowie** jest używana w celu określenia zastosowania technologii informatycznych i komunikacyjnych (ICT) we wszystkich rodzajach funkcji państwa, które wpływają na zdrowie obywateli (rys. 1).

Koncepcja **e-zdrowie** jest priorytetowym zadaniem Komisji Europejskiej. Zdaniem Komisji rozwijające się technologie ICT mogą pomóc stworzyć efektywny i dostosowany do potrzeb mieszkańców Europy system zdrowia. W kwietniu 2004 roku Komisja przyjęła *Plan działań e-Zdrowie*, który ma na celu doprowadzenie do stworzenia do 2010 roku ponadgranicznej przestrzeni informacyjnej o zdrowiu. Wprowadzenie planu w życie będzie wymagać od krajów członkowskich przede wszystkim wymiany informacji na temat rozwoju **e-zdrowia** w poszczególnych krajach i dzielenia się doświadczeniami w celu eliminacji błędów.



Rys. 1. Możliwości wykorzystania informacji przez różnych użytkowników

Źródło: Wilson, red. 2005, s. 6.

Wojciech Cellery w *Raporcie o rozwoju społecznym: Polska w drodze do globalnego społeczeństwa informacyjnego*, analizując problematykę zdrowia w kontekście wyzwań, które niesie za sobą implementacja opcji ekspansji informatycznej w rzeczywistość społeczną, reprezentuje pogląd podkreślający szczególne znaczenie nowoczesnych technologii komunikacyjnych dla utrzymania i poprawy zdrowia oraz jakości życia człowieka (*Raport o rozwoju społecznym...* 2002, s. 97–98). Podstawowe efekty, które uzyska się dzięki wprowadzeniu takiego rozwiązania, to:

- lepsze, łatwiej dostępne i bardziej wydajne usługi zdrowotne (tab. 1),
- możliwość skorzystania z usług zdrowotnych wszędzie, gdzie są one potrzebne, dzięki ponadnarodowości systemu,
- rozwój badań po to, by utrzymać dominującą pozycję Europy w obszarze innowacji w ochronie zdrowia.

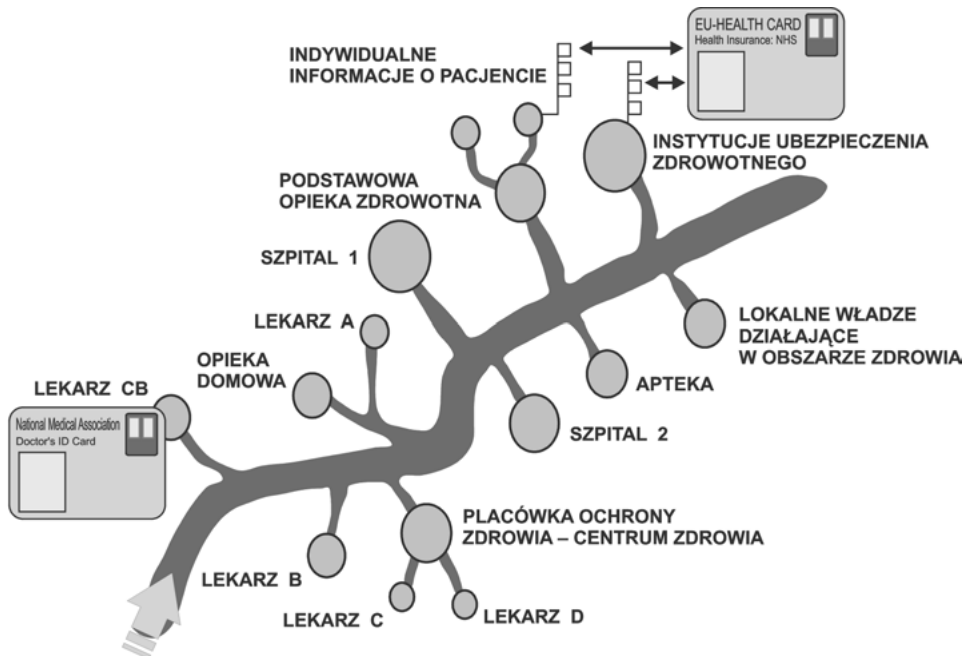
Tabela 1

Korzyści usług e-zdrowia

Jakość opieki	• Polepszenie gromadzenia i analizy danych klinicznych na poziomie organizacji i państwa • Możliwość przenoszenia danych medycznych pacjenta między jednostkami ochrony zdrowia • Zwiększona komunikacja na linii pacjent – dostawca usługi • Dokładniejsze i łatwiej dostępne dane pacjenta
Koszty	• Możliwość redukcji zbędnych wizyt w przychodni • Lepsza domowa opieka zdrowotna • Ograniczenie potrzeby stosowania kryzysowego zarządzania
Efektywność	• Wzrost produktywności lekarzy • Zredukowany przepływ dokumentów w wersji papierowej • Zredukowana liczba połączeń telefonicznych • Szybsze przetwarzanie transakcji administracyjnych • Automatyczny druk recept

Źródło: Reijonsaari, McGeady, Kujala, Ekroos 2005.

Przyjmowanie nowych produktów i usług ICT w Europie dla prywatnego lub profesjonalnego wykorzystania staje się coraz szybsze, jednakże ICT są wciąż niedostatecznie stosowane w domach, biznesie, zarządzaniu i powszechnie dostępnych usługach. Koncepcja **e-zdrowia** nie oznacza jedynie komputera



Rys. 2. Europejska wizja autostrady zdrowia (*e-Health*)

Źródło: Beek van 2005, s. 17.

na biurku lekarza. Termin ten i cała koncepcja obejmuje szeroki wachlarz urządzeń, narzędzi, instrumentów, programów użytkowych i metod pracy, które mogą być użyteczne w kształtowaniu stanu zdrowia społeczeństwa.

Wśród wielu rozwiązań informatycznych, możliwych do wykorzystania w obszarze ochrony zdrowia, możemy wyróżnić rozwiązania proste, których celem jest dostarczanie obywatelom informacji na temat zdrowia przy użyciu Internetu, czy też ułatwiające zarządzanie placówką, zbierające i przesyłające dane do ubezpieczyciela, aż do skomplikowanych programów nastawionych na stałe monitorowanie stanu zdrowia pacjenta w jego środowisku zamieszkania poprzez ustawiczną kontrolę urządzeń medycznych wprowadzonych w jego ciało (np. monitorowanie pacjentów kardiologicznych). W skład szeroko pojmowanego **e-zdrowia** wchodzi: witryny internetowe dotyczące zdrowia, elektroniczne bazy danych pacjentów, system elektronicznej rezerwacji procedur, wirtualne przekazywanie medycznego raportu o stanie zdrowia pacjenta, usługi telemedyczne, portale zdrowotne i inne narzędzia oparte na ICT. Wszystkie te elementy składają się na koncepcję platformy **e-zdrowia**, która faktycznie oznacza produkty, systemy i usługi wykraczające poza proste użycie Internetu, informacje możliwe do wykorzystania przez władze lokalne i regionalne, profesjonalistów medycznych oraz informacje i narzędzia, które, uwzględnione przez pacjentów i obywateli, mogą przyczynić się do poprawy ich stanu zdrowia.

W Strategii **e-zdrowie** dla Polski przyjęto trzy główne priorytety, pokrywające się z celami generalnymi programu:

- **Łatwiejszy dostęp obywateli do informacji z zakresu ochrony zdrowia.**

W miarę rozwoju cywilizacyjnego społeczeństwa szybkie pozyskanie wiarygodnej informacji nabiera kluczowego znaczenia. Możliwości technologiczne oferowane przez rozwijające się technologie informacyjne – Internet, pocztę elektroniczną czy telefonię komórkową stwarzają takie warunki. Wraz ze wzrostem liczby użytkowników Internetu pojawia się zwiększone zapotrzebowanie na informację dotyczącą problemów opieki zdrowotnej zarówno o charakterze informacyjnym, jak i szkoleniowym.

- **Poprawa efektywności systemu ochrony zdrowia w zakresie elektronicznego obiegu dokumentacji.** Pozyskiwanie, przetwarzanie oraz przechowywanie danych w sposób tradycyjny wiąże się z długim czasem oczekiwania na informację, zaangażowaniem wielu pracowników w proces zbierania i agregowania danych oraz często stanowi problem w przypadku konieczności skorzystania z przechowywanej informacji. Ochrona zdrowia jest tą dziedziną życia, od której od czasu pozyskania informacji zależy często zdrowie lub życie człowieka. Dlatego też rozwój i doskonalenie technologii elektronicznego obiegu informacji ma bardzo istotne znaczenie. Sprawność działania instytucji zależy w głównej mierze od szybkości podejmowania decyzji, a ta jest uzależniona od dostępności informacji. Szczególne znaczenie ma wypracowanie narzędzi, które pozwolą w łatwy i prosty sposób gromadzić informa-

cje, w tym dane statystyczne zgodnie z zaleceniami EUROSTAT-u. Duże znaczenie dla uwiarygodnienia przesyłanych danych ma wykorzystanie podpisu elektronicznego.

- **System informacji medycznej.** Wdrożenie ogólnopolskiego systemu informacji medycznej stworzy możliwość uzyskania pełnego zbioru obiektywnych i porównywalnych w skali całego kraju danych o świadczonych usługach medycznych. Pozwoli również na ocenę zakresu dostępności do świadczeń. Umożliwi dostęp do wiarygodnych, kompletnych informacji, a także pozwoli na racjonalne planowanie kierunkowych działań w ochronie zdrowia. System ten ułatwi nadzór nad wykorzystaniem środków przeznaczonych na ochronę zdrowia oraz wprowadzenie jednoznacznych, przejrzystych, wiarygodnych rozliczeń ze świadczeniodawcami oraz uproszczenie relacji świadczeniodawca – płatnik instytucjonalny. Tworzona w jednolity sposób ogólnopolska baza informacyjna gwarantująca wiarygodność i porównywalność danych będzie podstawowym narzędziem analitycznym dla ministra zdrowia i płatników instytucjonalnych, w celu właściwego alokowania środków finansowych. System ułatwi też wdrożenie i prowadzenie Narodowego Rachunku Zdrowia.

Koncepcja **e-zdrowia**, poza kwestiami technologicznymi, porusza także konieczność zwiększania dostępu do usług zdrowotnych i polepszenia jakości ochrony zdrowia. Wynika to ze zwiększającej się mobilności społeczeństw europejskich. Przykładem rozwiązania w zakresie **e-zdrowia**, dzięki któremu pacjenci są lepiej poinformowani i lepiej mogą zarządzać swoją opieką medyczną, jest francuski *Plan ubezpieczeniowy* dla samozatrudnionych. Umożliwia on kontrolę nad wydatkami na leczenie i zwiększa dostępność dokumentacji medycznej na linii lekarz–pacjent. Rozwój technologii na potrzeby **e-zdrowia** powinien podnieść efektywność już działających serwisów i usług oraz ułatwić korzystanie z nich. Można wzorować się w tym zakresie na irlandzkiej Południowej Platformie Zdrowotnej, która umożliwia pacjentom stały dostęp do informacji medycznych.

Stworzenie racjonalnego systemu zarządzania sektorem ochrony zdrowia stawia przed decydentami i realizatorami idei wiele wyzwań, wśród których jednym z głównych jest wprowadzenie drożnego systemu uzyskiwania świadczeń medycznych. Wymaga to wprowadzenia jednolitych narzędzi potwierdzających dostęp do świadczeń i ich zakresu w obrębie wszystkich państw Wspólnoty, jak również stworzenie zintegrowanej elektronicznie bazy danych zawierającej informacje o statusie medycznym pacjenta (G a r r i d o 2005). Oczywiście, podstawowym wymogiem formalnym jest ujednolicenie procedur tak, aby istniała możliwość ich porównywania bez względu na obecne i poprzednie miejsce zamieszkania osoby ubiegającej się o świadczenie oraz doprowadzenie do sytuacji, w której istnieje możliwość korzystania z informacji przez całą dobę każdego dnia. Wychodząc naprzeciw tym potrzebom, Komisja Europejska od 2003 roku podjęła prace związane ze stworzeniem Europejskiej Karty Ubezpieczenia

Zdrowotnego (*European Health Insurance Card*). Wprowadzenie takiej karty jest jednoznaczne z faktyczną realizacją swobody przemieszczania się osób i tworzenia systemu ochrony zdrowia bez granic, co stanowi cel nadrzędny idei budowy społeczeństwa informacyjnego.

Doceniając wagę problemu racjonalnego zarządzania sektorem ochrony zdrowia w ujęciu globalnym w ramach badań realizowanych przez BISER, analizowano kwestie rozwoju sektora ochrony zdrowia w kontekście wykorzystania **e-zdrowia**. Podstawową konkluzją wynikającą z podjętego procesu badawczego jest podkreślenie potrzeby dalszego umacniania działań na rzecz budowy platformy **e-zdrowia** jako narzędzia niezbędnego dla wielu podmiotów, wśród których znajdują się jednostki rządowe, władze samorządowe, ponadnarodowe, krajowe i lokalne władze zdrowotne, instytucje ubezpieczające, kompanie farmaceutyczne, szpitale, placówki ochrony zdrowia, laboratoria, indywidualni lekarze w placówkach ochrony zdrowia i w szpitalach, zarządzający w sektorze, inni profesjonalści medyczni oraz specjaliści medycyny alternatywnej oraz pacjenci. Tworząc na podstawie wykorzystania nowoczesnych technologii komunikacyjnych racjonalnie zarządzany system ochrony zdrowia, którego częścią jest administracja systemu ochrony zdrowia, musimy mieć na uwadze zróżnicowane potrzeby poszczególnych użytkowników i odbiorców, jak również różną skalę ich działania (Oates, Jensen 2000, s. 11).

W ujęciu preferowanym przez UE oraz WHO kluczowe znaczenie w polityce zdrowotnej ma poziom regionu. Uznając to podejście za obowiązujące, należy przyjąć, iż w polskiej strukturze administracyjnej zasadniczym poziomem wykorzystującym informacje o określonej strukturze, przydatne w podejmowaniu działań zarządczych w obszarze sektora ochrony zdrowia, jest województwo. Stąd próba znalezienia systemu i instytucji zdolnej do agregowania informacji na potrzeby różnych użytkowników na tym właśnie poziomie. A obserwowany proces urynkowania systemu ochrony zdrowia w Polsce stwarza silne podstawy do budowy regionalnych baz danych, które gromadzą informacje dotyczące tego właśnie obszaru po to, aby wykorzystać je jako narzędzia do tworzenia racjonalnej polityki ochrony zdrowia, z jednej strony, oraz źródła informacji o charakterze zarządczym – z drugiej.

Nowoczesne zarządzanie ochroną zdrowia oznacza, że sektor musi być przekształcony tak, aby spełniał podstawowe kryteria racjonalnego działania, czyli był efektywny oraz oferował pożądaną jakość i poziom dostępu do usług zdrowotnych. Wymaga to stworzenia m.in. dobrego narzędzia informacyjnego, za pomocą którego będą gromadzone dane dystrybuowane przy wykorzystaniu najnowszych technik komunikacji. W chwili obecnej agregowanie informacji odbywa się w różnych podmiotach, jak również różny jest zakres i możliwość wykorzystania ich przez podmioty działające w sektorze oraz indywidualnych członków społeczeństwa. Podstawowe instytucje gromadzące dane to przekształcone z wojewódzkich zespołów metodycznych opieki zdrowotnej – centra

zdrowia publicznego, po stronie administracji publicznej, oraz oddziały Narodowego Funduszu Zdrowia, po stronie płatnika. Osobną grupę danych stanowią te, które gromadzą placówki świadczące szeroko pojęte usługi medyczne, albowiem w części są one przekazywane do dwóch powyżej wymienionych podmiotów, ale również zbierane na własny użytek w celu usprawnienia procesu zarządzania jednostką. Mimo tak szerokiego pola zbierania danych brak jest jednorodnego systemu, który na wysokości regionu gromadziłby wszelkie istniejące informacje dotyczące ochrony zdrowia, czyniąc z niego podstawę do formułowania i realizowania racjonalnej polityki ochrony zdrowia.

4. Rozwój technologii ICT jako fundament zarządzania wiedzą w sektorze opieki zdrowotnej

W ciągu ostatnich lat możemy zaobserwować wzrost zainteresowania zagadnieniami związanymi z organizacyjnym uczeniem się i zarządzaniem wiedzą zarówno po stronie badaczy, jak i praktyków (Argote, McEvily, Reagans 2003). Rozwój technologii informatycznych umożliwił gromadzenie i transfer informacji w organizacjach na większą skalę, niż było to możliwe do tej pory. Ta zmiana w kierunku bardziej rozpowszechnionego sposobu organizowania pracy sprawiła, że transfer wiedzy jest priorytetem dla organizacji. Jednym z celów WHO jest promowanie globalnej równości zdrowia dzięki lepszemu zarządzaniu i dzieleniu się wiedzą. W tym celu powinna zostać zniesiona luka między tym, co jest znane a co jest robione w tym obszarze, szczególnie w państwach o niskim i średnim poziomie życia obywateli, takich jak Polska. Można tego dokonać dzięki tworzeniu środowiska, które zachęca do tworzenia, dzielenia się i zastosowania wiedzy w celu poprawy wyników.

Badania nad organizacyjnym uczeniem się i zarządzaniem wiedzą koncentrują się na próbach odpowiedzi na fundamentalne pytania (Argote, McEvily, Reagans 2003): jak organizacje tworzą wiedzę i jakie czynniki wpływają na ten proces? Jak organizacje zachowują stworzoną wiedzę? Jak wiedza jest rozpowszechniana w organizacji i jakie czynniki ułatwiają, a jakie utrudniają ten transfer? Mimo iż wczesne badania w tym obszarze koncentrowały się bardziej na procesach uczenia się i transferu wiedzy oraz ich wpływu na wyniki organizacji, nowsze studia wnoszą element zarządzania zasobami wiedzy organizacyjnej w celu osiągnięcia przewagi konkurencyjnej (Argote, Ingram 2000; Helfat 2000; Kogut, Zander 1993).

Mimo obecności konceptu zarządzania wiedzą zarówno w obszarze teorii, jak i praktyki brak jest konsensusu co do definicji zarządzania wiedzą. Aby zrozumieć to pojęcie, należy najpierw dokonać rozróżnienia między danymi, informa-

cjami oraz wiedzą. Te terminy są często stosowane zamiennie, jednak mają odmienne znaczenia. Wiedza jest tworzona na podstawie informacji, jest wynikiem dokonywania wielu porównań, identyfikowania następstw zdarzeń oraz tworzenia połączeń pomiędzy faktami. Związek między danymi, informacją i wiedzą jest rekursywny i zależy od poziomu interpretacji. Dane i informacja są rozróżniane na podstawie ich organizacji, podczas gdy informacja i wiedza na podstawie interpretacji (B h a t t 2001). Wiedza nie jest więc ani informacją, ani danymi. Wiedza wymaga zrozumienia, a zdobywanie wiedzy następuje przez doświadczanie, rozumowanie, intuicję oraz uczenie się. Thomas H. Davenport i Lawrence Prusak definiują wiedzę jako płynne połączenie doświadczenia, wartości, informacji kontekstowych, zrozumienia i intuicji, które następnie służą jako ramy dla nowych doświadczeń i informacji (D a v e n p o r t, P r u s a k 1998). W organizacjach wiedza jest zakorzeniona nie tylko w dokumentach czy repozytoriach, ale także w zwyczajach, procesach, praktykach i normach.

Także w sferze ochrony zdrowia dzięki rozwojowi koncepcji *e-Health* zarządzanie wiedzą zyskało na znaczeniu. Obecna era dynamicznego rozwoju technologii informacyjnych i telekomunikacyjnych (ICT) niesie ze sobą wiele wyzwań, ale także stwarza szanse zarówno dla organizacji sfery prywatnej, jak i publicznej. Aby osiągnąć i utrzymać przewagę konkurencyjną, większość organizacji nastawionych na zysk podejmuje wzmożone działania w celu wdrożenia nowych metod, technik i filozofii zarządzania. Jak pokazuje historia, większość owych koncepcji zarządzania narodziła się w dużych organizacjach nastawionych na zysk, a dopiero potem została przeniesiona na grunt innych sektorów. Tak samo jest w przypadku zarządzania wiedzą. Koncepcja zarządzania wiedzą ma ogromne znaczenie i możliwość zastosowania w systemie opieki zdrowotnej. Właściwa implementacja zarządzania wiedzą jest w stanie doprowadzić do bardziej efektywnej kosztowo i mniej obciążonej błędami alokacji zasobów w tym obszarze.

Chociaż zarządzanie wiedzą było przedmiotem wielu dotychczasowych studiów, niewiele wiadomo o tym procesie na gruncie sektora publicznego (S y e d - I k h s a n, R o w l a n d 2004a). Przykładem nielicznych studiów w tym obszarze może być benchmarking zarządzania wiedzą (S y e d - I k h s a n, R o w l a n d 2004b), dzielenie się wiedzą (L i e b o w i t z, C h e n 2003) czy praktyki zarządzania wiedzą w obszarze podejmowania decyzji (W i i g 2002). W przypadku instytucji publicznych, w tym także systemu opieki zdrowotnej, sytuacja jest o tyle komfortowa, że można uczyć się z doświadczeń innych branż i adaptować wypracowane przez nich zasady zarządzania wiedzą dla poprawy wyników placówek służby zdrowia. Oczywiście, ze względu na różnice, jakie występują między organizacjami nastawionymi na zysk a organizacjami publicznymi, niemożliwy jest bezpośredni transfer filozofii zarządzania wiedzą na obszar ochrony zdrowia. Stąd konieczność zaprojektowania tego procesu z uwzględnieniem wymagań konkretnego sektora.

Organizacje działające w sektorze służby zdrowia powinny być postrzegane jako zbiór specjalistów z zakresu medycyny, którzy świadczą opiekę zdrowotną. Specyfika tych organizacji rzutuje na rodzaj wiedzy, jaki jest w nich tworzony. Mając na uwadze ową specyfikę, zarządzanie wiedzą w ochronie zdrowia można określić jako połączenie ludzi, procesów, danych i technologii w celu optymalizowania informacji, współpracy, kompetencji i doświadczenia, żeby wpływać na wyniki i rozwój organizacji (G u p t i l l 2005). Efektywność tego procesu zależy m.in. od zdolności organizacji do gromadzenia, przetwarzania i rozpowszechniania ogromnej liczby informacji. W szczególności zarządzanie wiedzą wiąże się z:

- Dużą ilością informacji – organizacje zarządzają dużą ilością informacji, z których większość jest gromadzona w konkretnym celu bez zamiaru ponownego jej wykorzystania.
- Bezpieczeństwem informacji – informacja pochodzi z różnych źródeł i często jest uznawana za informację niejawną. Mimo iż pojedyncze zbiory danych nie muszą ujawniać poufnych informacji o pacjentach, kombinacja informacji z różnych baz danych może dostarczać kompletu informacji uznawanych już za objęte ustawą o ochronie danych osobowych lub innymi przepisami prawnymi gwarantującymi ich utajnienie.
- Jakością – zapewnienie jakości informacji związane jest ze standaryzacją metod przetwarzania danych, ale także rzetelnym prowadzeniem dokumentacji i właściwą archiwizacją. W przypadku gromadzenia danych w sposób doraźny, bez całościowego spojrzenia na system informacyjny, może okazać się, iż dane te nie spełniają wymogów jakości.
- Zapewnieniem dostępu i możliwości użycia danych – podczas gdy wiele organizacji gromadzi i kompiluje ogromne ilości informacji, niewielka ich ilość ma wdrożone rozwiązania pozwalające na dostęp i analizowanie danych za pomocą właściwych narzędzi. Kwestia dostępu jest powiązana z zapewnieniem bezpieczeństwa danych i koniecznością zrozumienia znaczenia jakości danych przez użytkowników systemu.

Zarządzanie wiedzą jest niezmiernie ważne dla efektywności jednostek służby zdrowia. Wiedza jest rezultatem zdolności do gromadzenia, klasyfikowania, weryfikowania, organizowania, dzielenia się i rozumienia informacji. Umiejętność wytworzenia wiedzy z informacji może zwiększyć zdolność organizacji do osiągnięcia jej celów. Efektywność zależy bowiem od zdolności do oceny informacji, przeprowadzenia właściwej analizy i reagowania tak szybko, jak wymaga tego sytuacja. Celem zarządzania wiedzą jest zmiana podejścia z „nie wiesz, czego nie wiesz” na „wiesz, co wiesz” i zastosowania tej wiedzy w celu poprawy efektywności organizacji.

Zarządzanie wiedzą może przysparzać organizacjom służby zdrowia oczywistych korzyści, jednak aby tak się stało, muszą zostać spełnione pewne warunki. Można wyróżnić cztery komponenty, jakie wchodzą w skład koncepcji za-

rzządzania wiedzą: (1) kultura organizacyjna, (2) ilość i jakość danych i informacji, (3) procesy, standardy, wytyczne gromadzenia, zarządzania i rozpowszechniania wiedzy, (4) technologia, która wspiera pozostałe elementy. Każdy z nich stanowi obszar pełen wyzwań dla organizacji służby zdrowia (*Knowledge management...* 2005).

Kultura organizacyjna składa się ze wspólnych przekonań, wartości, zrozumienia, mitów i rytuałów wewnątrz organizacji. Kultura jest manifestowana w sposobie, w jaki organizacja tworzy, dokonuje pomiaru i wciela w życie misję. Kultura może być charakteryzowana przez wiele atrybutów, takich jak sposób przetwarzania informacji, sposób dzielenia się wiedzą czy nastawienie wobec zmian. Tworzenie kultury organizacyjnej, która sprzyja zmianom, wymaga przede wszystkim zrozumienia sposobu zorganizowania jednostki, sposobu przepływu informacji, zasad przechowywania wiedzy, umiejętności menedżerskich członków organizacji. Wymaga to jasnej wizji i silnego przywództwa.

Organizacje gromadzą dane i informacje, ale także rozwijają umiejętności i doświadczenie. Te elementy łącznie stanowią zasoby wiedzy. Ich natura, ilość, jakość i dostępność przyczyniają się do tworzenia ich wartości. Informacje te są często tworzone i zarządzane *ad hoc*, co sprawia, że dostęp do nich jest utrudniony. Mogą być one przechowywane w miejscach niedostępnych dla innych (np. ukryte w pamięci innych ludzi czy zapisane na twardych dyskach komputerów). Ta ukryta wiedza jest jednym z najcenniejszych zasobów organizacji. Dla procesu zarządzania wiedzą konieczne jest przede wszystkim jej rozpoznanie, a następnie gromadzenie. Wiedza ukryta jest z definicji takim rodzajem wiedzy, która nie jest jasno wyrażana i komunikowana. Większość ludzi nie próbuje nawet opisywać, co wiedzą. Uchwycenie tej wiedzy jest problematyczne i czasochłonne. Kolejnym wyzwaniem w tym obszarze staje się tworzenie i wdrażanie strategii, która prezentuje wyniki procesu gromadzenia i przetwarzania danych oraz dokonanie zmiany w zachowaniach członków organizacji.

Procesy zarządzania danymi i informacjami istnieją w każdej organizacji zarówno w postaci formalnej, jak i nieformalnej. Sformalizowane procesy są kluczowe dla zapewnienia efektywności tworzenia, oceny, zarządzania i rozpowszechniania treści. Rozwijane procesy muszą być powiązane z potrzebami organizacji oraz możliwe do implementacji w ramach istniejącej kultury. Umiejętność rozwoju i implementacji procesów wspierających zarządzanie wiedzą zależy więc od kultury organizacyjnej i specyfiki danej działalności. Jednym z podstawowych kroków, jakie można podjąć w tym zakresie, jest inwentaryzacja istniejącej treści. Może to przyjąć formę prostej listy repozytoriów informacji oraz zamierzonych celów, jak i opisu ich zastosowania. Duże organizacje, w których repozytoria wiedzy występują w dużej ilości, mogą być zmuszone do zaangażowania większej ilości zasobów w celu dokonania takich spisów istniejących baz danych. Inną strategią w tym obszarze może być katalogowanie repozytoriów w obszarzy zrozumiałe dla interesariuszy poprzez tworzenie wspól-

nego słownictwa, które pozwala na zorganizowanie informacji w możliwe do zidentyfikowania kategorie. Procesy inwentaryzacji i katalogowania danych są niezbędne, szczególnie w jednostkach służby zdrowia, gdzie informacje przekazuje się pionowo wewnątrz organizacji i poziomo między organizacjami.

Efektywne zarządzanie wiedzą wymaga, aby uczestnicy procesów organizacyjnych dzielili się nią. Niewątpliwym ułatwieniem jest odpowiednia infrastruktura ICT. James M. Bloodgood i David W. Salisbury uważają, iż technologie informatyczne mają zastosowanie do dwóch kluczowych zdolności związanych z wiedzą. Po pierwsze, wiedza może być zakodowana w systemy eksperckie lub systemy wspomagania decyzji, czyniąc je otwartymi. Po drugie, technologie te pozwalają na błyskawiczną komunikację między członkami organizacji (Bloodgood, Salisbury 2001). I rzeczywiście, przeprowadzone badania wskazują, iż technologia ma znaczący wpływ na proces zarządzania wiedzą (Syed-Ikhsan, Rowland 2004a). Chociaż samo stosowanie technologii nie gwarantuje sukcesu we wdrażaniu zarządzania wiedzą, infrastruktury ICT pozwalają członkom organizacji na efektywne tworzenie i dzielenie się wiedzą, a tym samym przyczynienie się do jej rozpowszechniania.

Infrastruktura ICT pozwala więc na tworzenie, dzielenie i transfer wiedzy w organizacjach. Technologia jest nieodłącznym aspektem wszystkich procesów zarządzania wiedzą. Oczywiście technologia jedynie ułatwia proces zarządzania wiedzą, jednak jest konieczna dla efektywnego zdobywania, przechowywania, przekształcania i rozpowszechniania informacji. Technologia ułatwia dostęp do informacji oraz komunikowanie się członków organizacji. Patrząc na zastosowanie ICT w organizacjach publicznych, można dostrzec przede wszystkim jej zastosowanie w celu zwiększenia wewnętrznej efektywności funkcji menedżerskich oraz poprawy jakości usług świadczonych społeczeństwu (Dutton 1999). Zastosowanie ICT pozwala organizacjom na poprawę zdolności do tworzenia zasad działania i kontrolowania decyzji, standaryzowania, formalizowania i rutynizowania powtarzalnych decyzji, monitorowania i porównywania wyników organizacji oraz komunikowania się z wszelkimi grupami interesariuszy (Snellen 2005).

Technologia odgrywa znaczącą rolę szczególnie w organizacjach odpowiedzialnych za zarządzanie wielką ilością informacji elektronicznych, jak np. w jednostkach służby zdrowia. Organizacje sfery publicznej, w tym jednostki służby zdrowia, są podatne na podobne źródła nacisku, jakie dotyczą instytucji komercyjnych. Problemem staje się coraz większa ilość informacji, którą trzeba zarządzać. Organizacje służby zdrowia muszą w efektywny sposób gromadzić i przetwarzać dane medyczne i rynkowe, a następnie organizować je w informacje niezbędne dla decydentów (Pavia 2001). Prowadzenie dokumentacji w tradycyjnej wersji papierowej nastręcza wiele trudności i uniemożliwia tworzenie aktualnych rejestrów. Powoduje to także występowanie licznych błędów z powodu niewłaściwego przetwarzania krytycznej wiedzy. Potrzebne są więc

nowe rozwiązania pozwalające na swobodny dostęp do danych pacjenta i świadczonych usług medycznych, wymagające stosowania nowoczesnych technologii informatycznych. Niezbędne w procesie pozyskiwania oraz współdzielenia zdobytej wiedzy są nie tyle same technologie, ile narzędzia utworzone za ich pomocą. Do najistotniejszych narzędzi można zaliczyć:

- Systemy wspomagające przepływ pracy – umożliwiają one kontrolę pracy oraz przepływ pracy pomiędzy pracownikami instytucji na podstawie ustalonych procedur.
- Systemy zarządzania dokumentami umożliwiają: systematyzowanie dokumentów według określonych parametrów, wyszukiwanie oraz skracanie czasu dostępu do żądanych informacji za pomocą zawartych w nich mechanizmów, pracę grupową nad prowadzonymi projektami oraz w zakresie realizowanych zadań. Mechanizmy istniejące w tych systemach umożliwiają również:
 - kontrolę wersji dokumentów (praca z najbardziej aktualną wersją),
 - integrację z terminarzami umożliwiającymi kontrolę oraz zlecanie zadań o określonym terminie realizacji,
 - kontrolę czasu pracy poświęcanej na konkretne zadania wykonywane przez pracowników,
 - dostęp do historii zdarzeń wykonywanych przez pracowników,
 - możliwość tworzenia raportów oraz zestawień na podstawie danych zawartych w systemie,
 - częstokroć wspomaganie przepływu pracy oraz systemów pracy grupowej.
- Intranet – jest wewnętrzną witryną dostępną jedynie dla pracowników wybranej organizacji. W Intranecie możliwe jest grupowanie wielu funkcji opisanych poniżej:
 - baza wiedzy – jest usystematyzowanym zbiorem informacji wprowadzanych i weryfikowanych przez pracowników, na podstawie której możliwe jest nauczanie oraz dostęp do cennych informacji,
 - ogłoszenia – tablica ogłoszeń umożliwiająca przekazywanie pracownikom wszelakich informacji,
 - narzędzia użytkowe – wspomagają procesy rozliczeniowe oraz logistyczne (delegacje, urlopy, rezerwacja zasobów itd.).

Sukces wdrożenia koncepcji zarządzania wiedzą wymusza potrzebę wdrażania nie tylko rozwoju technologii informacyjnych i telekomunikacyjnych, ale, przede wszystkim, zwiększenia świadomości obywateli w zakresie proponowanych im udogodnień i możliwości oraz chęci korzystania z nich. Wśród wielu programów użytkowych ICT, wykorzystywanych w dziedzinie ochrony zdrowia, możemy wyróżnić proste rozwiązania, których celem jest dostarczanie obywatelom informacji na temat zdrowia przy użyciu Internetu, czy też ułatwiające zarządzanie placówką, zbierające i przesyłające dane do ubezpieczyciela, aż do skomplikowanych programów nastawionych na stałe monitorowanie stanu zdro-

wia pacjenta w jego środowisku zamieszkania poprzez stałą kontrolę urządzeń medycznych wprowadzonych w jego ciało (np. monitorowanie pacjentów kardiologicznych). W dziedzinie ochrony zdrowia można obecnie zastosować wiele technologii informacyjnych i komunikacyjnych, włączając zarówno systemy czysto administracyjne, jak i te świadczące usługi:

- Szpitale:
 - logistyka procesu rejestracji pacjentów i zarządzania personelem,
 - logistyka (dostawy medykamentów), transfer pacjentów, kontrola stanu wolnych łóżek,
 - systemy informacji menedżerskiej,
 - systemy administrowania szpitalami (księgowość, listy płac),
 - systemy zarządzania sprawami pacjentów,
 - systemy informacji laboratoryjnej,
 - systemy informacji radiologicznej,
 - systemy aptek,
 - opieka pielęgnarska,
 - systemy komunikacji organizacji z otoczeniem (np. kontakty z instytucją finansującą, ośrodkami diagnostycznymi i innymi partnerami w systemie w zakresie przekazywania informacji medycznych, ekonomicznych i zarządczych),
 - telemedycyna.
- Podstawowa opieka zdrowotna – zastosowanie komputerów przez lekarzy pierwszego kontaktu, farmaceutów, stomatologów w celu zapisu w formie elektronicznej danych pacjenta i zalecanej kuracji medycznej.
- Opieka domowa, w skład której wchodzi usługi świadczone przez lekarzy w domu pacjenta dzięki wykorzystaniu urządzeń telekomunikacyjnych. Taka telekonsultacja może polegać na zdalnym monitorowaniu sygnałów życiowych i dostarczaniu pacjentowi dobranej kuracji medycznej bez konieczności wizyty pacjenta w placówce medycznej czy wręcz jego hospitalizacji.

Zdolność organizacji do efektywnego zastosowania technologii zależy przede wszystkim od zrozumienia, w jakiej mierze technologia może przyczynić się do usprawnienia pracy w organizacji. Można wskazać na wiele rozwiązań, które wspomagają proces wymiany informacji, takich jak: hurtownie danych, systemy informacji geograficznej, elektronicznej, elektroniczne panele sterowania, systemy zarządzania informacją, narzędzia wizualizacyjne czy programy wyszukiwania informacji. Jednak wiele organizacji reaguje na zmiany dopiero w momencie powstania konkretnej potrzeby, tworząc w międzyczasie różne systemy informacji, które mają służyć zaspokojeniu wyłącznie specyficznych potrzeb. Organizacje często dokonują zakupu rozwiązań technologicznych bez rozważenia ich dopasowania do procesów i struktury zarządzania. Decyzje podejmowane są często w pośpiechu, w wyniku reaktywnej odpowiedzi na wyłaniające się problemy i zagrożenia. To powoduje, że jednocześnie funkcjo-

nują różne systemy, które nie są ze sobą kompatybilne. W licznych jednostkach ochrony zdrowia zastosowanie technologii informacyjnych jest na zbyt niskim poziomie, co z kolei znajduje odzwierciedlenie w niewystarczającym poziomie zarządzania wiedzą. Wynika to, z jednej strony, z braku funduszy na stworzenie niezbędnej infrastruktury teleinformatycznej, a z drugiej, z konieczności zarządzania czynnikiem ludzkim w tym procesie. Zapewnienie opieki zdrowotnej do tej pory oznaczało zawsze bezpośredni kontakt pacjenta z lekarzem. Kiedy myślimy o wizycie lekarskiej, kojarzy się ona przede wszystkim z dotykaniem terapeuty i bezpośrednim kontaktem z drugim człowiekiem. Tymczasem zarządzanie wiedzą jest bardziej powiązane z dotykaniem klawiatury komputera niż drugiego człowieka (Z a r r a 2001). Optymistycznie nastroja coraz większe zaangażowanie decydentów w proces zarządzania wiedzą. Coraz więcej funduszy przeznaczają się na komputeryzację. Ponadto, coraz częściej tworzone są komórki zajmujące się zarządzaniem wiedzą – wszystko po to, aby móc w systematyczny i systemowy sposób czerpać korzyści z informacji i wiedzy, jaka jest wytworem pracy ludzkiej.

5. Wnioski

Transformacja ustroju podjęta w latach 90. spowodowała odejście od założenia, że państwo ma obowiązek zaspokoić potrzeby zgłaszane przez społeczeństwo, albowiem przyjęta liberalna doktryna gospodarcza w zasadniczy sposób ogranicza jego interwencjonizm. Wiele dziedzin życia, w tym system ochrony zdrowia, który był do tej pory głównie administrowany, staje się obecnie sektorem zarządzanym, co oznacza, że szuka się możliwości nie tylko zaspokajania potrzeb społecznych w ramach prostej redystrybucji, ale również poprzez wprowadzanie instrumentów stymulujących działania przedsiębiorcze i innowacyjne. Ważnym elementem podejmowania działań zmierzających w kierunku kreowania optymalnej polityki ochrony zdrowia jest możliwość zastosowania nowoczesnych narzędzi wspierających proces podejmowania decyzji, takich jak system informacyjny oraz powstały na jego podstawie system zarządzania wiedzą.

Już chyba nikt nie wątpi w to, że koncepcja **e-zdrowie**, wspierające ją technologie, telemedycyna czy w końcu zarządzanie wiedzą odgrywają ogromną rolę w zapewnieniu dostępności i jakości usług medycznych. Nowoczesne zarządzanie ochroną zdrowia oznacza, że sektor ten musi być przekształcony w taki sposób, aby spełniał podstawowe kryteria racjonalnego działania, czyli był efektywny oraz oferował pożądaną jakość i poziom dostępności usług zdrowotnych. Ten proces byłby niemożliwy bez wykorzystania odpowiednich narzędzi.

dzi informacyjnych pozwalających na efektywne gromadzenie i dystrybuowanie danych za pomocą najnowszych technik komunikacji.

Niewątpliwie konieczne jest w związku z tym zwiększanie wydatków na rozwój ICT. Wiadomo, iż nie wszystkie stanowiska pracy są skomputeryzowane, a i świadomość korzyści, jakie może przynieść zarządzanie informacjami i tworzenie wiedzy, nie jest powszechna. Poza koniecznością dalszych wzmoczonych wysiłków w tym kierunku konieczny jest pomiar wyników osiągniętych dzięki już wdrożonym rozwiązaniom. Pozwoliłoby to na ewentualne podjęcie odpowiednich działań intensyfikujących wprowadzanie innowacyjnego podejścia do informacji w tych obszarach, które wymagają takiej interwencji. Ciekawa jest także kwestia pokonywania oporu wobec zmian i wypracowania odpowiedniego systemu motywacyjnego dla pracowników. Przyszłe badania powinny również objąć swym zakresem kwestię przywództwa w organizacjach służby zdrowia, jako iż determinuje ono efektywność organizacyjną, w tym także procesy zarządzania informacjami.

Literatura

- Argote A., Ingram P., 2000: *Knowledge transfer in organizations: A basis for competitive advantage in firms*. „Organizational Behavior and Human Decision Processes”, 82(1): 150–169.
- Argote L., McEvily B., Reagans R., 2003: *Managing knowledge in organizations: An integrative framework and review of emerging themes*. „Management Science”, 49(4): 571–583.
- Bhatt G.D., 2001: *KM in organisations: Examining the interaction between technologies, techniques, and people*. „Journal of Knowledge Management”, 5, 1: 68–75.
- Bloodgood J.M., Salisbury W.D., 2001: *Understanding the influence of organizational change strategies on information technology and knowledge management strategies*. „Decision Support Systems”, 31: 55–69.
- Oates J., Jensen H.B. (eds.), 2000: *Building Regional Health Care Networks in Europe*. IOS Press Ohmsha. Amsterdam–Berlin–Oxford–Tokio, Washington DC.
- Capgemini, 2004: *Online availability of public services: How is Europe progressing? Web based survey on electronic public services: Report on the 6th measurement*, June 2006.
- Ciechański J., 2002: *Strategia integracji społecznej UE*. „Polityka Społeczna” 2002, nr 2: 36.
- Davenport T.H., Prusak L., 1998: *Working knowledge: How organizations manage what they know*. Harvard Business School Press, Boston.
- Dutton W.H., 1999: *Society on the line: Politics in the digital age*. Oxford: Oxford University Press.
- Facing the challenge. The Lisbon Strategy for growth and employment. 2004*. Report from the High Level Group chaired by Wim Kok. European Communities.
- Frączkiewicz-Wronka A., 2005: *Perspektywa terytorialna w kształtowaniu i realizacji celów w obszarze ochrony zdrowia*. W: Frączkiewicz-Wronka A. (red.):

- Ochrona zdrowia w regionie. Aspekty organizacyjne i prawne.* Katowice: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, s. 10–65.
- Garrido T., 2005: *Effect of electronic records in ambulatory care: retrospective, serial, cross-sectional study.* „British Medical Journal”, 330: 581–585.
- Guptill J., 2005: *Knowledge management in health care.* „Journal of Health Care Finance”, 31(3): 10–14.
- Helfat C.E., 2000: *Guest editor's introduction to the special issue: The evolution of firm capabilities.* „Strategic Management Journal”, 21: 955–959.
- Knowledge management for public health professionals.* 2005, Raport Association of State and Territorial Health Officials (ASTHO). <http://www.astho.org/pubs/ASTHO-Knowledge-Management.pdf>.
- Kogut B., Zander U., 1993: *Knowledge of the firm and the evolutionary theory of the multinational corporation.* „Journal of International Business Studies”, 4: 625–645.
- European Commission, 2005: *i2010 – A European Information Society for growth and employment.*
- European Commission, 2004: *Working together for growth and jobs: A new start for the Lisbon Strategy.*
- Eurostat, 2005: *Statistics in Focus* 25.
- Liebowitz J., Chen Y., 2003: *Knowledge sparing proficiencies: the key to knowledge management.* In: Holsapple C.W. (ed.): *Handbook of knowledge management 1: Knowledge Matters.* Berlin: Springer-Verlag.
- Murray A., 2004: *The Lisbon Scorecard IV. The status of economic reform in the enlarging EU.* Centre for European Reform, s. 1–4.
- Pavia L., 2001: *The era of knowledge in health care.* „Health Care Strategic Management”, 19(2): 12–13.
- Pawłowicz L., 2005: *Wprowadzenie: Strategia Lizbońska – założenia i ich realizacja.* W: Bieliński J. (red.): *Strategia Lizbońska a konkurencyjność gospodarki.* Warszawa: Wydawnictwa Fachowe, s. 13–24. <http://www.CeDeWu.pl>.
- Póździoch S., Ryś A., 1996: *Zdrowie publiczne.* Kraków: SZP Collegium Medicum, UJ, s. 101.
- Raport o rozwoju społecznym. Polska w drodze do globalnego społeczeństwa informacyjnego.* Program Narodów Zjednoczonych ds. Rozwoju. Warszawa 2002, s. 97–98.
- Reijonsaari K., McGeedy D., Kujala J., Ekroos N., 2005: *Effects of e-Health on health careservice production processes.* International Conference on the Management of Healthcare & Medical Technology, 25–26 August 2005, Aalborg, Denmark.
- Snellen I., 2005: *E-government. A challenge for Public Management.* In: Feilie E., Lynn L.E., Politt Ch. (eds.): *Public management.* Oxford: Oxford University Press.
- Syed-Ikhsan S.O.S., Rowland F., 2004a: *Benchmarking knowledge management in a public organization in Malaysia.* „Benchmarking – An International Journal”, 11(3): 238–266.
- Syed-Ikhsan S.O.S., Rowland F., 2004b: *Knowledge management in a public organization: A study on the relationship between organizational elements and the performance of knowledge transfer.* „Journal of Knowledge Management”, 8(2): 95–111.
- Szaban J., 2005: *Organizacje administracji publicznej jako organizacje oparte na wiedzy.* W: Leja K., Szuwarzyński A. (red.): *Zarządzanie wiedzą w organizacjach niekomercyjnych.* Gdańsk: Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, s. 71–84.
- van Beek B., 2005: *Improving access to and quality of care, patient safety, and productivity.* In: Wilson P. (ed.): *Building on strength to provide better healthcare anytime anywhere.* European Health Management Association.
- Wiig K.M., 2002: *Knowledge management in public administration.* „Journal of Knowledge Management”, 6(3): 224–239.

- Wilson P. (ed.), 2005: *Building on strength to provide better healthcare anytime anywhere*. European Health Management Association.
- World Health Organization Regional Office for Europe (WHO), 1985: *Targets for health for all: Targets in support of the European Regional Strategy for Health for all*. Copenhagen: WHO.
- Zarrara P., 2001: *Operationalizing knowledge management in health care*. „Topics in Health Information Management”, 21(3): 1–7.

R o z d z i a ł 2

ELEKTRONICZNY OBIEG DOKUMENTÓW W JEDNOSTKACH SŁUŻBY ZDROWIA

Marcin Tynda

Streszczenie: Niniejszy rozdział porusza wiele zagadnień związanych ze zjawiskiem informatyzacji służby zdrowia, koncentrując się na systemach elektronicznego obiegu dokumentów. Poruszane są problemy oraz ich rozwiązania z zakresu zakupu, wdrożenia oraz implementacji rzeczonych systemów. Omówiono również najważniejsze zagadnienia z dziedziny wymagań prawnych, które muszą zostać spełnione, by była możliwa realizacja zadań związanych z wdrożeniem elektronicznego obiegu dokumentów. W rozdziale znalazł się również modelowy opis podstawowej funkcjonalności systemu, opracowany na podstawie analizy rozwiązań dostępnych na polskim rynku. Zwrócono również uwagę na korzyści oraz trudności wynikające z zastosowania elektronicznego systemu obiegu dokumentów.

Słowa kluczowe: informatyzacja służby zdrowia, elektroniczny obieg dokumentów, wdrożenie systemu

Abstract: The chapter deals with several issues concerning the phenomenon of informatization of health services, paying special attention to electronic document exchange systems. The problems (and their solutions) connected with the purchase and implementation of the aforementioned systems are covered. Additionally, the key issues of the legal requirements that must be satisfied in order to enable accomplishing tasks connected with the implementation of electronic document exchange are raised. The chapter also presents a model description of the basic functionality of a system created on the basis of the analysis of the solutions available on the Polish market. The advantages of and difficulties with electronic document exchange are also mentioned.

Keywords: informatization of health services, electronic document exchange system, implementation of the system

1. Wstęp

Od wielu lat sposób pracy z dokumentami w służbie zdrowia pozostaje niezmienny. Z obserwacji wynika jednak, że stan, z którym mamy do czynienia obecnie, nie jest najbardziej pożądanym. Powszechnie wiadomo, że zarządzanie dużym zbiorem dokumentów jest bardzo trudne, a dotarcie do nich, umieszczonych w obszernym archiwum, zajmuje sporo czasu. Problemem jest również odpowiedzialność, którą ponoszą pracownicy w związku z przechowywaniem dużych ilości, często niezwykle ważnych informacji. Również konieczność wykonywania postanowień zawartych w różnego rodzaju ustawach, rozporządzeniach czy instrukcji kancelaryjnej stanowi nie lada wyzwanie dla każdego pracownika służby zdrowia.

W celu usprawnienia procesów związanych z obsługą, przechowywaniem i dostępem do dokumentacji z pomocą przychodzi elektroniczny system obiegu dokumentów, w skrócie ESOD.

2. Jak rozumieć pojęcie elektronicznego obiegu dokumentów?

Nie istnieje jednoznaczna definicja, która określałaby istotę elektronicznego systemu obiegu dokumentów, niemniej jednak na podstawie analizy funkcjonalności można stwierdzić, że jest to system, który umożliwia obsługę dokumentów i realizację związanych z nimi spraw zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa oraz przyjętymi zasadami wewnętrznymi.

W literaturze czy w zasobach Internetu można spotkać wiele różnych określeń obejmujących swym zakresem funkcje realizowane przez elektroniczny obieg dokumentów. Najczęściej spotykanymi są: elektroniczny system obiegu dokumentów, obieg dokumentów, system *workflow*, elektroniczny system obiegu dokumentów i spraw.

System elektronicznego obiegu dokumentów to, inaczej, oprogramowanie komputerowe bądź zespół powiązanych ze sobą programów komputerowych umożliwiających realizację czynności związanych z obsługą dokumentów oraz spraw. Oprogramowanie takie ma wiele wbudowanych funkcji oraz procedur wspomagających pracę zarówno pracowników kancelarii, jak i pracowników merytorycznych.

Główną cechą każdego systemu ESOD jest możliwość obsługi dowolnego rodzaju dokumentacji istniejącej w formie elektronicznej, w tym i dokumentacji medycznej pochodzącej z zaawansowanych urządzeń medycznych. Z uwagi na powszechnie dostępne możliwości dokumentacji papierowej możliwa jest również obsługa korespondencji przekazywanej w formie tradycyjnej.

Dla ESOD charakterystyczne są współpracujące z nimi bądź zintegrowane moduły *workflow*, które umożliwiają odwzorowanie procesów realizacji prac związanych z obsługą spraw.

3. Elektroniczny obieg dokumentów w praktyce – przedstawienie sposobu pracy

Każda jednostka służby zdrowia jest zobowiązana do przestrzegania instrukcji kancelaryjnej, która jest dokumentem regulującym przepływ informacji, ze szczególnym uwzględnieniem sposobu postępowania z dokumentami. Instrukcja ta zawiera również regulacje dotyczące przyjmowania dokumentów, załatwiania spraw, przekazywania informacji oraz notatek służbowych, dekretacji dokumentów. W instrukcji kancelaryjnej znajdują się również zapisy dotyczące sposobu przechowywania i archiwizacji dokumentów. W szczegółowy sposób zagadnienia z zakresu archiwizacji dokumentów elektronicznych zostały opisane w rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 30 października 2006 roku w sprawie szczegółowego sposobu postępowania z dokumentami elektronicznymi (sejm.gov.pl 2006) oraz rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 2 listopada 2006 roku w sprawie wymagań technicznych formatów zapisu i informatycznych nośników danych (sejm.gov.pl 2006).

Instrukcja kancelaryjna powinna być dostosowana do struktury organizacyjnej każdej jednostki, by możliwa była realizacja zawartych w niej postanowień. Załącznikiem do każdej takiej instrukcji powinien być *Jednolity rzeczowy wykaz akt*. JRWA jest zbiorem symboli przypisywanych poszczególnym sprawom wskazujący na sposób archiwizacji tychże spraw. Przykład instrukcji kancelaryjnej oraz *Jednolitego rzeczowego wykazu akt* można znaleźć na stronach np. Ministerstwa Zdrowia. Prowadzenie obsługi spraw elektronicznych wymaga, by dostęp do ESOD miał każdy pracownik, który posługuje się dokumentami. Zatem dla każdego pracownika w ESOD musi zostać utworzone osobne konto. W celu dostępu do zasobów przechowywanych przez ESOD konieczne jest podanie własnego identyfikatora.

Każdy system elektronicznego obiegu dokumentów musi być zasilany dokumentami. Gdzie zatem znajdują się źródła tych dokumentów? Pierwszym i w chwili obecnej najważniejszym źródłem dokumentów jest korespondencja przychodząca drogą tradycyjną, czyli dzięki usługom pocztowym bądź spedycyjnym. Aby możliwa była obsługa korespondencji przychodzącej w ten sposób, konieczne jest jej zdigitalizowanie poprzez proces skanowania i opisanie.

Do skanowania dużej ilości dokumentów należy wykorzystywać tzw. skanery dokumentowe, które charakteryzują się dużą szybkością działania oraz dużą odpornością na zużycie. Najczęściej również skanery tego typu wyposażone są w podajnik dokumentów umożliwiający skanowanie wielu stron bez konieczności podawania ich pojedynczo do skanera. Z uwagi na zróżnicowanie poszczególnych jednostek służby zdrowia pod względem liczby punktów przyjmowania korespondencji możliwe jest zastosowanie rozproszonego sposobu rejestracji. Oznacza to, że korespondencja papierowa może być równolegle rejestrowana w wielu punktach. W takim przypadku istnieje konieczność wyposażenia każdego punktu rejestracji w sprzęt skanujący, niemniej jednak w punktach, gdzie korespondencji jest stosunkowo niewiele (do 100 stron dziennie), możliwe jest zastosowanie skanerów biurowych, a nie dokumentowych, co znacznie obniża koszty związane z zakupem sprzętu.

Zatem zgodnie z przyjętą praktyką dokumenty muszą znaleźć się w punkcie rejestracji, którym może być sekretariat bądź kancelaria. Po otrzymaniu korespondencji pracownik otwiera koperty zgodnie z posiadanymi przez siebie uprawnieniami i skanuje dokumenty. Po ich zeskanowaniu istnieje konieczność opisanie poszczególnych dokumentów przez użycie odpowiedniego formularza udostępnianego przez ESOD. Taki formularz zawiera wiele pól umożliwiających identyfikację dokumentów podczas późniejszej z nimi pracy bądź wyszukiwania względem różnych parametrów. Poważne systemy elektronicznego obiegu dokumentów charakteryzują się możliwością dostosowania pól zawartych we wszelkiego rodzaju formularzach, w tym w formularzu rejestracji, do wymogów nie tylko poszczególnych jednostek, ale nawet poszczególnych wydziałów. Aby jednak opis dokumentu umożliwiał jego identyfikację, konieczne jest przyjęcie kilku podstawowych i jednocześnie najczęściej spotykanych parametrów służących do opisu dokumentów:

- dane adresowe – identyfikują adres nadawcy bądź odbiorcy dokumentu,
- kategoria – umożliwia przyporządkowanie dokumentu do ustalonych kategorii, np. wniosek, zawiadomienie, prośba itd.,
- typ (rodzaj) – przychodzący, wychodzący bądź wewnętrzny umożliwia przyporządkowanie dokumentu do jednej z trzech podstawowych grup,
- numer – umożliwia nadanie dokumentowi unikalnego numeru identyfikacyjnego,
- daty wpływu, wprowadzenia na dokumencie – umożliwiają identyfikację dokumentu względem czasu, w którym wpłynął, został wprowadzony oraz daty, według której został stworzony.

Oczywiście, jak wspomniano wcześniej, najczęściej możliwe jest dodanie dowolnych pól przechowujących wszystkie niezbędne informacje, za pomocą których dokument zostanie opisany.

Pewnymi wyznacznikami zaawansowanych systemów elektronicznego obiegu dokumentów są wbudowane mechanizmy nadające im inteligencję. Tego typu mechanizmy stosuje się najczęściej do walidacji pól formularzy, weryfika-

cji podobieństw czy uzupełniania zawartości poszczególnych pól. Wbudowana „inteligencja” umożliwia systemowi uczenie się i automatyczne dostosowywanie do potrzeb lub przyzwyczajień użytkownika oraz wspomaganie w podejmowaniu wybranych decyzji.

Po opisanie dokumentu przez pracownika rejestrującego korespondencję w kolejnym kroku najczęściej realizowany jest etap dekretacji dokumentów. Z tego względu, że ESOD posiada już zeskanowany dokument, możliwe jest przekazanie go do właściwej osoby w celu dekretacji. Aby zadekretować dokument, najczęściej wymagane jest wpisanie w formularzu dokumentu tekstu dekretacji i przekazanie dokumentu wybranemu użytkownikowi. ESOD wyposażone są najczęściej w mechanizm dekretacji wielopoziomowej, co zapewnia zgodność z przyjętym sposobem pracy. Zakładając jednak, że zgodnie z dekretacją użytkownik powinien merytorycznie zająć się obsługą dokumentu, musi on podjąć decyzję, co w rozpatrywanym przypadku należy zrobić. Zgodnie z przyjętymi zasadami dokument można:

- odłożyć *ad acta*,
- założyć na jego podstawie nową sprawę,
- dołączyć do sprawy, która już istnieje i jest w trakcie realizacji.

By zrozumieć istotę działania ESOD, zostanie omówiony przypadek założenia nowej sprawy na podstawie dokumentu przychodzącego w formie papierowej. Użytkownik pełniący funkcję pracownika merytorycznego powinien założyć w ESOD nową sprawę. Proces ten polega zazwyczaj na wypełnieniu formularza, który zawiera wiele pól. Najczęściej pracownik będzie wypełniał formatkę, nadając tytuł sprawie, kojarząc ją z adresatem oraz ustalając termin realizacji sprawy na podstawie dyspozycji zawartej w dekretacji. Po wypełnieniu formatki sprawa zostanie zarejestrowana, a jej częścią powinien być dokument, który spowodował konieczność jej założenia.

Aby możliwa była identyfikacja sprawy, konieczne jest nadanie jej symbolu zgodnego z przyjętą instrukcją kancelaryjną. Każdy ESOD powinien być wyposażony w odpowiedni mechanizm realizujący znakowanie spraw. System powinien również kontrolować prawidłowość wprowadzanego oznakowania. Po nadaniu znaku sprawy pracownik może rozpocząć nad nią pracę. W zależności od jej charakteru sposób pracy będzie różny, niemniej w większości przypadków jej wynikiem będzie odpowiedź na pismo w danej sprawie.

4. Elektroniczny obieg dokumentów – budowa i funkcjonalność

Każdy profesjonalny system elektronicznego obiegu dokumentów jest oprogramowaniem komputerowym o dużym stopniu złożoności. Wynika to ze sta-

wianych przed nim wymagań, polegających na odwzorowaniu sposobu postępowania z dokumentami oraz spełnienia oczekiwań użytkownika. Szczególnie trudnym zadaniem dla producentów ESOD jest pogodzenie tych dwóch założeń. Uwzględniając potrzeby służby zdrowia, najlepszym rozwiązaniem dotyczącym budowy systemu wydaje się modułowość funkcjonalna. ESOD powinien zatem składać się z wielu modułów, autonomicznych oraz współpracujących ze sobą tak, by można było udostępniać je poszczególnym użytkownikom względem pełnionych przez nich funkcji lub posiadanych uprawnień. Budowa nowoczesnego systemu elektronicznego obiegu dokumentów w warstwie technologicznej musi przede wszystkim zapewniać ciągłą dostępność jego zasobów oraz możliwość korzystania z informacji w nim zawartych z dowolnego stanowiska podłączonego do systemu.

Wraz z rozwojem technologii internetowych nastąpił rozwój aplikacji opartych na interfejsie dostępnym poprzez przeglądarkę WWW. Jest to obecnie najczęściej stosowane i najlepsze z możliwych rozwiązanie, ponieważ przeglądarka jest standardowym składnikiem każdego systemu operacyjnego instalowanego na stacjach roboczych użytkowników. O ile interfejs webowy w systemach elektronicznego obiegu dokumentów jest bardzo powszechny, o tyle utrzymywanie zgodności tego interfejsu z przynajmniej dwiema przeglądarkami nie jest powszechnie stosowane. Wiodące systemy ESOD posiadają jednak interfejs zgodny z co najmniej dwiema przeglądarkami, tym samym możliwe jest wykorzystywanie na stacjach roboczych użytkowników wielu różnych systemów operacyjnych, np. Windows i Linux.

Jak wspomniano wcześniej, funkcjonalność oferowana przez system ESOD jest jednym z ważniejszych parametrów podczas jego wyboru. Jakie funkcje powinien oferować system ESOD, by spełniał oczekiwania większości jednostek służby zdrowia?

Podstawową, choć interpretowaną w różny sposób funkcją, jest zgodność z regulacjami prawnymi obowiązującymi w służbie zdrowia. Jest to właściwie kluczowa funkcja, od której powinno zostać uwarunkowane użycie systemu elektronicznego obiegu dokumentów. Najważniejszymi aktami prawnymi, z którymi ESOD powinien być zgodny, są:

- Ustawa o ochronie danych osobowych (Dz.U. Nr 133, poz. 883) z dnia 29 sierpnia 1997 roku (sejm.gov.pl 1997),
- *Instrukcja kancelaryjna*¹ – dokument zawierający informację na temat sposobów postępowania z dokumentami przetwarzanymi w jednostce służby zdrowia, często połączony z *Regulaminem wewnętrznym*,
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 3 czerwca 1998 roku w sprawie określenia podstawowych warunków technicznych i organizacyjnych, jakim powinny odpowiadać urządzenia i systemy in-

¹ http://pl.wikipedia.org/wiki/Instrukcja_kancelaryjna.

formatyczne służące do przetwarzania danych osobowych (Dz.U. Nr 100, poz. 1024) (sejm.gov.pl 1998),

- Ustawa o informatyzacji działalności podmiotów realizujących zadania publiczne (Dz.U. Nr 64, poz. 565) z dnia 17 lutego 2005 roku (sejm.gov.pl 2005),
- Ustawa o narodowym zasobie archiwalnym i archiwach (Dz.U. Nr 171, poz. 1396) z dnia 29 sierpnia 2002 roku,
- Ustawa o dostępie do informacji publicznej (Dz.U. Nr 112, poz. 1198) z dnia 6 września 2001 roku (sejm.gov.pl 2001).

Pócz opisanej zgodności z aktami prawnymi od ESOD należy oczekiwać wielu innych funkcji, umożliwiających realizację zadań powierzonych użytkownikom. Modułowość systemu powinna zapewniać grupowanie poszczególnych funkcjonalności w obrębie poszczególnych modułów. Poniżej opisano kilka najważniejszych z nich, które powinien posiadać profesjonalny system elektronicznego obiegu dokumentów.

4.1. Moduł skanowania dokumentów i OCR

Z pewnością jednymi z ważniejszych funkcji, które powinny znaleźć się w ESOD, są mechanizmy umożliwiające realizację prac kancelaryjnych wykonywanych przez pracowników kancelarii lub sekretariatu. Do tej grupy należy obsługa korespondencji przychodzącej, wychodzącej i wewnętrznej w formie papierowej, zatem istnieje konieczność wyposażenia ESOD w funkcje umożliwiające współpracę ze skanerami. Najczęściej spotykanym i najsprawniej działającym jest rozwiązanie oparte na zgodności z interfejsem programowania aplikacji (ang. API – Applications Programming Interface²) TWAIN (www.twain.org).

Kolejną bardzo ważną funkcją jest współpraca ESOD z mechanizmami typu OCR³ (ang. Optical Character Recognition, optyczne rozpoznawanie tekstu) umożliwiającymi przetworzenie zeskanowanego obrazu na tekst. Częstokroć plik wynikowy może zostać zapisany w formacie RTF⁴ (ang. Rich Text Format) lub np. w formacie Microsoft Word⁵ bądź PDF⁶, co w znacznym stopniu ułatwia późniejszą obróbkę.

² <http://pl.wikipedia.org>.

³ <http://pl.wikipedia.org>.

⁴ <http://pl.wikipedia.org>.

⁵ <http://www.microsoft.com/poland/office/programs/word/highlights.msp>.

⁶ <http://pl.wikipedia.org/wiki/PDF>.

4.2. Moduł dziennika podawczego i książki pocztowej

Ta funkcja zapewnia automatyczne tworzenie dziennika podawczego na podstawie korespondencji obsługiwanej przez zajmujących się nią pracowników. ESOD powinien automatycznie dbać o numerację kolejnych dokumentów i tym sposobem uniemożliwiać tworzenie się luk w numeracji oraz zwielokrotnianie numeracji. Każde poważne rozwiązanie zawiera odpowiednie mechanizmy kontroli błędów oraz mechanizmy wspomagające pracę pracownika rejestrującego korespondencję.

Ważną funkcją usprawniającą wypełnianie obowiązków kancelaryjnych, która powinna znaleźć się w systemie, jest możliwość obsługi książki pocztowej. Z uwagi na fakt, że cała korespondencja przechodzi przez punkty rejestracji, pracownicy tych punktów nie muszą dwukrotnie wykonywać operacji związanych z uzupełnianiem książki pocztowej. Wskazane jest, by ESOD zawierał funkcję umożliwiającą wygenerowanie takiej książki zgodnie z danymi, które znajdują się w jego zasobach. Książka powinna zostać wydrukowana zgodnie z zaleceniami urzędu Poczty Polskiej.

4.3. Moduł wyszukiwania zestawień i raportów

Możliwość tworzenia zestawień oraz raportów na podstawie danych zawartych w elektronicznym systemie obiegu dokumentów jest jedną z ważniejszych funkcji. Za tą funkcją kryje się mechanizm wyszukiwania oraz analiz. Funkcjonalność, o której mowa, powinna być narzędziem zaawansowanym technologicznie, umożliwiającym wygenerowanie dowolnego raportu. Spotykane rozwiązania często opierają się na narzędziach analitycznych firm trzecich, np. Crystal Reports⁷, niemniej jednak często systemy elektronicznego obiegu dokumentów posiadają wbudowane mechanizmy umożliwiające tworzenie raportów i zestawień oraz ich prezentację w formie graficznej. Bardzo ważne jest to, aby mechanizm wyszukiwania i raportowania zawierał możliwość grupowania elementów systemu ze względu na opisujące je pola. Mowa tutaj o możliwości wykonania raportu zawierającego np. spis dokumentów z roku 2006, dodanych do systemu przez wybranego użytkownika; typem dokumentów może być np. skierowanie.

⁷ Crystal Reports jest oprogramowaniem do projektowania i tworzenia raportów na podstawie rozbudowanych i zróżnicowanych źródeł danych.

Profesjonalnie przygotowane systemy elektronicznego obiegu dokumentów posiadają wbudowane funkcje umożliwiające przeszukiwanie zawartych w nich zasobów względem wszystkich parametrów (indeksów), niemniej jednak prócz możliwości wyszukiwania informacji względem pól opisujących poszczególne elementy ważna jest możliwość wyszukiwania pełnotekstowego⁸. Umożliwia ono przeszukiwanie treści dokumentów umieszczonych w ESOD, ze szczególnym uwzględnieniem dokumentów papierowych poddanych obróbce rozpoznawania tekstu. Jest to bardzo wydajny i intuicyjny sposób odnalezienia poszukiwanej informacji.

4.4. Moduł zapisu zdarzeń i kontroli wersji

Oczywiście w pracy kancelaryjnej nie sposób pominąć kwestii dotyczącej dostępu do najbardziej aktualnej informacji. Należy wymagać od systemów elektronicznego obiegu dokumentów, aby wspierały zarządzanie dokumentacją zgodnie z zaleceniami zawartymi w normach ISO⁹ serii 9000¹⁰ oraz wspierały tworzenie historii zdarzeń oraz wersji związanych ze sprawą czy dokumentem. Szczególnie ważne jest, aby dostęp do najnowszej informacji miały wszystkie osoby zainteresowane, zatem ESOD musi realizować funkcje związane z wersjonowaniem.

System elektronicznego obiegu dokumentów musi zawierać mechanizm umożliwiający dodanie nowej wersji elementu oraz automatyczne oznaczenie wersji nieaktualnej. Każda próba użycia wersji nieaktualnej powinna skutkować powiadomieniem użytkownika stosownym komunikatem o przedawnieniu informacji. Dla poszczególnych elementów wchodzących w skład systemu powinien być tworzony zbiór związanych z nim zdarzeń. Jest to bardzo ważne, by na podstawie tej informacji możliwe było odtworzenie wszystkich operacji wykonywanych przez użytkowników wraz z czasem wykonania.

4.5. Moduł spraw i JRWA

System elektronicznego obiegu dokumentu musi zostać wyposażony w funkcję obsługi spraw zgodnie z obowiązującą *Instrukcją kancelaryjną* i *Jed-*

⁸ http://en.wikipedia.org/wiki/Fulltext_search.

⁹ <http://www.iso.org>, <http://pl.wikipedia.org/wiki/ISO>.

¹⁰ http://pl.wikipedia.org/wiki/ISO_9000.

nolitym rzeczowym wykazem akt. Istnieje zatem wymóg prawny, który musi zostać spełniony przez każdy ESOD, kierowany do jednostek służby zdrowia.

System powinien zatem umożliwiać realizację spraw zgodnie z przyjętymi zasadami, a zatem:

- umożliwianie założenia sprawy,
- wyznaczenie osób prowadzących ich sprawę,
- pracę grupową nad sprawą,
- ustalanie terminów rozpoczęcia i zakończenia sprawy,
- dodawanie do sprawy dowolnych załączników,
- pracę w sprawie nad projektem odpowiedzi na pismo.

Konieczność stosowania oznaczeń sprawy zgodnych z JRWA stawia wymóg posiadania przez ESOD funkcji umożliwiającej znakowanie spraw. ESOD powinien również być na tyle elastyczny, aby stosowane oznaczenie można było modyfikować zgodnie z przyjętą praktyką.

4.6. Moduł dekretacji dokumentów

Powszechnie stosowana idea dekretacji dokumentów powinna być funkcją standardowo realizowaną przez oprogramowanie ESOD, niemniej jednak dekretacja¹¹ elektroniczna wprowadza pewne bardzo przydatne modernizacje. Przede wszystkim daje możliwość śledzenia drogi dokumentu oraz punktu, w którym dokument się znajduje. Wymaganiem w stosunku do modułu dekretacji jest możliwość wykonania dekretacji zwrotnej. Opisywany moduł powinien również być w pełni zintegrowany z modulem zapisu zdarzeń, a co za tym idzie – oferować możliwość przeglądu zdarzeń. Dekretacja dokumentu powinna być możliwa względem dowolnej liczby użytkowników, a każdy z nich winien dysponować możliwością wydania innej dyspozycji podczas dekretacji w postaci opisu czynności przekazanej do realizacji bądź omówienia.

4.7. Moduł grupowania dokumentów

Każdy użytkownik systemu z poziomu własnego konta posiada dostęp do dokumentów czy spraw, które zostały mu zlecone lub założył je samodzielnie. Aby jednak ułatwić dostęp do dokumentów określonego typu wybranej grupie

¹¹ <http://pl.wikipedia.org/wiki/dekretacja>.

użytkowników bądź pojedynczemu użytkownikowi, ESOD musi posiadać funkcję umożliwiającą grupowanie dokumentów według określonych parametrów i przyznawanie dostępu do tak utworzonych grup. Opisywana funkcja ma szczególne znaczenie w przypadku tworzenia dokumentacji dla konkretnego pacjenta bądź też dla wybranego rodzaju dokumentu. Nietrudno sobie wyobrazić sytuację, w której lekarz będzie chciał mieć wgląd do pełnej dokumentacji dotyczącej pacjentów leczonych w określony sposób.

4.8. Moduł obsługi poczty elektronicznej

Z uwagi na powszechne, w chwili obecnej, wykorzystywanie poczty elektronicznej do komunikacji pośród standardowych mechanizmów ESOD należy wymienić możliwość obsługi korespondencji przekazywanej w ten sposób. Właściwie w tym przypadku można śmiało mówić o wbudowanym w system bądź zintegrowanym oprogramowaniu realizującym funkcje klienta poczty elektronicznej, wzbogaconym o mechanizmy charakterystyczne dla obsługi dokumentów.

Wbudowana funkcja umożliwiająca obsługę poczty elektronicznej musi również umożliwiać przeniesienie do ESOD wybranych listów elektronicznych i ich rejestrację w systemie jako dokumentów elektronicznych. Funkcja rejestracji powinna być dostępna dla każdego użytkownika systemu posiadającego oficjalne (zakładowe) konto poczty elektronicznej tak, aby opisywaniem dokumentów nie obciążać pracowników kancelarii lub sekretariatu. Podczas rejestracji poczty elektronicznej w elektronicznym systemie obiegu dokumentów funkcja powinna umożliwiać rozdzielenie załączników przekazywanych w listach od treści listu.

4.9. Moduł terminarza

W celu usprawnienia pracy dostępne na rynku elektroniczne systemy obiegu dokumentów najczęściej posiadają wbudowane moduły terminarza.

Terminarz to z definicji plan lub rozkład zajęć zawierający czas ich wykonania. W ESOD mechanizm terminarza powinien umożliwiać nie tylko możliwość dodania i określenia czasu wykonania czynności, ale również powiadomienia o tym fakcie zainteresowanych osób. Z tego powodu w wielu systemach dostępna jest opcja terminarza osobistego, do którego ma dostęp tylko jeden użytkownik, oraz terminarza grupowego, do którego dostęp ma grupa użytkow-

ników. Wbudowany w ESOD terminarz elektroniczny powinien posiadać funkcje umożliwiające przypominanie o zbliżających się terminach z określonym wyprzedzeniem oraz możliwość dowolnego przesuwania terminów.

4.10. Moduł nieobecności

Na co dzień każda jednostka służby zdrowia boryka się z problemami związanymi z nieoczekiwaną nieobecnością pracowników. Jeżeli pracownik nagle zachoruje lub skorzysta z przysługującego mu prawa do urlopu na żądanie, najczęściej wykonywane przez niego zadania pozostają niezakończonymi do czasu jego powrotu lub w najlepszym przypadku sprawy rozwiązuje współpracownik, tracąc często dużo czasu na zapoznanie się z nimi.

By uniknąć tego typu sytuacji, ESOD winien umożliwiać wyznaczenie zastępcy na czas nieobecności. Osoba ta musi mieć wgląd do udostępnionej jej informacji, by w czasie trwania zastępstwa móc kontynuować pracę osoby, którą zastępuje. Moduł nieobecności musi być w pełni zintegrowany z modulem zapisu zdarzeń, tak by wszystkie operacje wykonywane przez zastępcę na koncie nieobecnego pracownika zostały zapisane i na ich podstawie można było prześledzić wykonane czynności.

Wskazane jest, by w opisywanym module zostały uwzględnione inne funkcje wiążące się z nieobecnością w przypadku urlopu lub delegacji. Te przypadki charakteryzują się jednak z góry określonym terminem nieobecności. Każdy użytkownik musi mieć możliwość wyznaczenia początku i końca czasu nieobecności oraz zastępcy na czas swojej nieobecności. Ważne jest również, by ESOD miał możliwość wyboru informacji, które powinny zostać udostępnione na czas nieobecności. W kontekście urlopów lub delegacji wymagane jest wypełnianie wniosków urlopowych, które będąc dokumentami, mogą jednocześnie zostać przetworzone przez system. Dzięki implementacji wniosków użytkownik nie będzie zmuszony do ich ręcznego wypełniania, a jedynie do podania kilku szczegółów.

4.11. Moduł akceptacji

Podczas pracy z dokumentami każda decyzja czy projekt wymaga akceptacji przełożonego bądź osoby odpowiedzialnej. W celu umożliwienia akceptacji dokumentów elektronicznych ESOD również powinien zawierać wbudowany odpowiedni mechanizm.

Funkcja akceptacji powinna umożliwiać co najmniej:

- przesłanie dokumentu do akceptacji tylko jednemu użytkownikowi,
- przesłanie dokumentu do akceptacji grupie użytkowników z warunkiem akceptacji większości,
- przesłanie dokumentu do akceptacji wielu użytkownikom z warunkiem akceptacji określonej liczby użytkowników (jednego, dwóch lub innej określonej).

Osoba przesyłająca oraz akceptująca powinna mieć możliwość dopisania komentarza do dokumentu.

4.12. Moduł archiwum

Mimo tego że elektroniczny system obiegu dokumentów jest w stanie pomieścić i działać sprawnie nawet w przypadku bardzo dużej ilości informacji, zastosowanie mechanizmów umożliwiających przeniesienie części danych do archiwum zakładowego, bo o nim będzie mowa, wydaje się bardzo zasadne.

Na czym powinien polegać proces archiwizacji dokumentów w przypadku użycia ESOD. Otóż, w większości przypadków, jest to czynność umożliwiająca przeniesienie części danych poza obszar standardowego wyszukiwania, co znacznie wpływa na przyspieszenie operacji związanych z dotarciem do informacji oraz ogranicza liczbę wyników zwracanych podczas wyszukiwania.

Czynność archiwizacji powinna również skutkować zablokowaniem możliwości nanoszenia jakichkolwiek zmian w elementach podlegających archiwizacji.

Proces przenoszenia elementów do archiwum powinien przebiegać w co najmniej dwóch etapach. W pierwszym z nich pracownik określa materiały, które przekazuje do archiwum zakładowego oraz przekazuje i tworzy spis zdawczo-odbiorczy na podstawie informacji zawartych w systemie. W drugim etapie pracownik archiwum zakładowego weryfikuje przekazane do archiwum materiały względem spisu i akceptuje je bądź odrzuca.

Każdy z pracowników powinien mieć możliwość przekazywania wybranych elementów systemu do archiwum oraz powinien mieć dostęp do materiałów archiwalnych w dowolnym momencie. Wszystkie kwestie związane z przekazywaniem materiałów archiwalnych z archiwum zakładowego do archiwum państwowego regulują wymieniona wcześniej *Ustawa o narodowym zasobie archiwalnym i archiwach* oraz jej późniejsze modyfikacje na podstawie rozporządzeń do niej.

4.13. Moduł przepływu pracy (ang. *workflow*)

W ostatnich latach bardzo popularne stało się określenie *workflow*¹², jednak brak jednoznacznie przyjętej definicji wprowadza chaos, jeśli chodzi o oczekiwania użytkowników, które powinny zostać spełnione dzięki implementacji tego mechanizmu.

Opierając się na definicji przyjętej przez Workflow Management Coalition (WFMC)¹³, organizacją zajmującą się tworzeniem standardów modelowania procesów biznesowych, *workflow* to (w wolnym tłumaczeniu) „automatyzacja procesów biznesowych, w całości lub w części, podczas której dokumenty, informacje lub zadania są przekazywane od jednego uczestnika do następnego, według odpowiednich procedur zarządczych”. Pojęcie *workflow* ma również odniesienie do pracy grupowej.

Moduł przepływu pracy powinien opierać swoje działanie na modelowaniu ścieżek w powiązaniu z użytkownikami występującymi w kolejnych punktach ścieżki. Użytkownicy są reprezentowani poprzez role, które odgrywają, oznacza to, że na danym etapie realizacji ścieżki wielu użytkowników może występować w wybranej roli, ale wystarczy, że jedna z nich zrealizuje zadanie i automatycznie – zgodnie ze ścieżką – zostanie ono przekazane do kolejnego punktu.

Najczęściej modelowanie ścieżek oraz ich prezentacja realizowana jest poprzez narzędzie graficzne. Ścieżki są obrazowane za pomocą grafu, w którym każdy punkt jest opisany w odpowiedni sposób oraz zawiera wszystkie niezbędne dyspozycje (zadania do wykonania) oraz procedury kontrolne.

Z każdym dokumentem wiążą się określone procedury, zatem moduł przepływu pracy powinien działać w taki sposób, by szczegółowo umożliwiał ich odtworzenie w ESOD. W celu opisu posłużono się przykładem skierowania na badania specjalistyczne.

- Pacjent ze skierowaniem zgłasza się do punktu przyjęć, w którym dokonuje się rejestracji.
- W kolejnym kroku zarejestrowany dokument (skierowanie) jest przekazywany do osoby ustalającej termin badania.
- Po ustaleniu terminu badania, w kolejnym etapie, dokument trafia na listę, z której osoba odpowiedzialna za podział pracy przyporządkowuje wybranemu personelowi zlecenie wykonania badania.
- Po ustaleniu personelu w określonym terminie wykonywane jest badanie. Na tym etapie zostaje określona konieczność założenia sprawy, do której należy dołączyć wszystkie wyniki badań oraz dokonać odpowiedniego wpisu w karcie pacjenta. Należy również nadać znak sprawy zgodny z JRWA.

¹² <http://pl.wikipedia.org/wiki/workflow>.

¹³ <http://www.wfmc.org>.

- Po wykonaniu wszystkich wymaganych czynności w punkcie poprzednim sprawa wraz z załączonymi do niej elementami trafia do osoby odpowiedzialnej za jej weryfikację oraz zakończenie.

Oczywiście, przedstawiona ścieżka jest jedynie przykładem sposobu działania mechanizmów przepływu pracy, a nie odzwierciedleniem stanu rzeczywistego. Na powyższym przykładzie można jednak zauważyć, że celem ustalenia procesów przepływu pracy jest wprowadzenie możliwości kontroli powierzanych zadań oraz weryfikacji prawidłowości wykonywanej pracy.

Obecnie istnieje kilka standardów umożliwiających modelowanie ścieżek przepływu pracy, ale najbardziej popularne to:

- stworzony przez wspomnianą wcześniej organizację Workflow Management Coalition standard XPDŁ, wspierany m.in. przez firmy: Hitachi, Fujitsu, FileNet, IBM, SAP,
- stworzony przez IBM, BEA Systems, Microsoft standard BPEŁ (ang. Business Process Execution Language for Web Services)¹⁴.

Oba standardy powstały na podstawie zmodyfikowanego języka znaczników XML (ang. Extensible Markup Language)¹⁵, którego standard został ustanowiony przez organizację W3C¹⁶.

Mimo że przepływ pracy umożliwia zautomatyzowanie procesów kontroli pracy, nie jest remedium na wszystkie kłopoty, z którymi boryka się jednostka obsługująca dużą liczbę dokumentów. Nie należy zakładać, że po ustaleniu procesów przepływu pracy znikną wszystkie problemy związane z realizacją spraw, można jednak oczekiwać, że praca będzie wykonywana szybciej i dokładniej.

4.14. Moduł wymiany danych

Powszechność usług dostępu do Internetu spowodowała, że strony WWW traktowane są często jako podstawowy nośnik informacji. Duże jednostki służby zdrowia dysponują własnymi witrynami portalowymi, które zbudowane są na podstawie systemów zarządzania treścią (ang. CMS – Content Management System), a mniejsze dysponują najczęściej witrynami o mniejszym stopniu złożoności, ale zbliżonej formie prezentacji informacji. Każda witryna budowana jest na podstawie wytwarzanych dokumentów, które są najczęściej przepisywane na strony WWW. System elektronicznego obiegu dokumentów powinien posiadać mechanizm umożliwiający publikację wybranych informacji na podstawie treści, które znajdują się w jego zasobach.

¹⁴ http://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=wsbpel.

¹⁵ <http://www.w3.org/TR/xml11/>.

¹⁶ <http://www.w3.org>.

Jednostki służby zdrowia są również zobowiązane do publikacji informacji zgodnie z *Ustawą o dostępie do informacji publicznej* oraz *Ustawą o zamówieniach publicznych*.

W chwili obecnej nie istnieją żadne wytyczne dotyczące sposobu publikacji informacji lub formatu, w którym informacja powinna zostać opublikowana. Najczęściej stosowany jest jednak mechanizm WebServices¹⁷ oraz często wiązany z nim format XML¹⁸.

System elektronicznego obiegu dokumentów powinien zatem posiadać wbudowaną obsługę tegoż formatu oraz usług webowych.

Wymiana informacji powinna być możliwa dwukierunkowo, czyli z i do ESOD. I tym razem najbardziej elastycznym sposobem wydaje się opisany powyżej mechanizm. Dzięki niemu można w stosunkowo nieskomplikowany sposób umożliwić integrację ESOD z istniejącymi systemami. Warunkiem koniecznym jest wsparcie opisanego mechanizmu nie tylko ze strony ESOD, ale również ze strony innych systemów informatycznych.

5. Elektroniczny obieg dokumentów – bezpieczeństwo informacji i danych

Kwestiom związanym z bezpieczeństwem informacji częstokroć nie poświęca się dostatecznie dużo uwagi, a przecież jest to podstawowe zagadnienie. Szczególnie duży nacisk powinien zostać położony na ochronę informacji zawartych w zasobach ESOD, ponieważ jest to podstawowe repozytorium dla dokumentów oraz spraw. ESOD to również system zawierający centralną, z uwagi na rejestrację całej korespondencji, bazę adresową, w której znajdują się dane osobowe.

Na bezpieczeństwo informacji składa się wiele różnych zagadnień: poczynając od ochrony dostępu do informacji, kończąc na zabezpieczeniach przed utratą informacji.

Co i w jaki sposób powinno podlegać ochronie? Przede wszystkim ESOD powinien zawierać odpowiednie mechanizmy umożliwiające nadawanie uprawnień do wszystkich zawartych w nim części. Wiąże się z tym implementacja uprawnień na poziomie: odczyt, zapis, modyfikacja w połączeniu z dostępem do pojedynczych części systemu. Funkcje związane z przyznawaniem uprawnień powinny być dostępne dla każdego użytkownika. Przyjętą praktyką jest automatyczne nadawanie uprawnień, wynikających bezpośrednio ze struktury

¹⁷ <http://www.w3.org/2002/ws>.

¹⁸ <http://www.w3.org/XML>.

organizacyjnej, czyli dostęp do dokumentów lub spraw swoich podwładnych mają osoby pełniące stanowiska kierownicze. W systemach elektronicznego obiegu dokumentów powinien być obecny mechanizm umożliwiający nadawanie uprawnień wybranym użytkownikom bądź grupom użytkowników do wybranych grup obiektów. Mechanizm powinien działać na zasadzie wyboru, np. grupy dokumentów o kategorii: zaświadczenie i umożliwienie nadania uprawnień do tej kategorii dokumentów wybranym użytkownikom.

Ważną i często zaniechaną kwestią związaną z bezpieczeństwem informacji jest informacja o operacjach wykonanych przez użytkownika. Każdy ESOD powinien posiadać odpowiednią funkcję umożliwiającą kontrolę pracy użytkownika poprzez zapis jego poczynań przynajmniej na poziomie aktualizacji (zmiany, dodania) informacji oraz dostępu do najważniejszych funkcji systemu (logowanie użytkownika, odebranie informacji itd.). Wszystkie informacje powinny zostać zapisane w tzw. logu systemu, z którego nie będzie możliwe ich usunięcie. Dostęp do tych informacji powinni mieć wszyscy uprawnieni użytkownicy.

Poruszając zagadnienie bezpieczeństwa, nie można pominąć faktu, że większość przypadków naruszenia zasad bezpieczeństwa następuje wewnątrz każdej organizacji, czyli można wnioskować, że ich źródłem są pracownicy. Bardzo ważne jest, by ESOD miał funkcję uniemożliwiającą modyfikację informacji na poziomie bazy danych czy repozytorium plików, co podwyższy znacznie poziom bezpieczeństwa oferowany przez aplikację oraz wpłynie w znaczny sposób na możliwość ingerencji w system przez jego administratorów. Zazwyczaj tę kwestię rozwiązuje się, obliczając dla każdego kluczowego wpisu w bazie danych sumę kontrolną i szyfruje się ją. By jednak ochrona danych na poziomie bazy danych była jeszcze bardziej skuteczna, zaleca się stosowanie mechanizmów szyfrowania informacji dla ważnych z punktu widzenia użytkownika informacji już na poziomie bazy danych. Szczególnie ważne jest szyfrowanie informacji o hasłach dla kont użytkowników systemu, by administratorzy nie mogli zalogować, używając wybranych loginów i haseł. Nie sposób również pominąć konieczności szyfrowania plików, rezydując w repozytorium dyskowym lub w bazie danych tak, by ich treść nie była powszechnie dostępna.

W celu zapewnienia odpowiedniego bezpieczeństwa informacji każdy ESOD powinien zawierać możliwość pracy poprzez połączenie szyfrowane. W niniejszym tekście wspomniano już o upowszechnieniu się technologii webowej wykorzystywanej do budowy ESOD. Ze względu na stosowaną technologię najlepszym rozwiązaniem okazuje się zastosowanie szyfrowania SSL (ang. Secure Socket Layer)¹⁹, umożliwiającego szyfrowanie transmisji danych przesyłanych między użytkownikiem a serwerem podczas pracy.

¹⁹ <http://pl.wikipedia.org/wiki/SSL>, http://en.wikipedia.org/wiki/Secure_Sockets_Layer.

Zastosowanie technologii webowej niesie ze sobą również możliwość pracy zdalnej, z dowolnego punktu na świecie, poprzez Internet. W celu zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa bardzo dobrym i powszechnie stosowanym okazuje się VPN (ang. Virtual Private Network), czyli Wirtualna Sieć Prywatna. Opcję VPN realizuje wiele urządzeń dedykowanych, takich jak przełączniki lub routery oraz systemy operacyjne. Jej działanie polega na połączeniu użytkownika z urządzeniem VPN poprzez szyfrowany kanał, w którym pracuje on jak w sieci lokalnej. Różnicą jest zazwyczaj prędkość połączenia, będąca znacznie niższa w przypadku VPN.

Ochrona przed utratą danych jest zawsze priorytetem niezależnie od oprogramowania, zatem systematyczne tworzenie kopii zapasowych repozytorium plików oraz bazy danych powinno być priorytetem. Należy jednak zdawać sobie sprawę, że przyrost danych w ESOD jest bardzo duży, szczególnie w przypadku większych jednostek, może zatem okazać się konieczne użycie zaawansowanych narzędzi umożliwiających tworzenie kopii bezpieczeństwa z podziałem na wolumeny oraz tworzenie kopii przyrostowych zamiast całościowych. Z doświadczenia wynika, że w przypadku jednostki służby zdrowia zatrudniającej ok. 300 osób personelu roczna ilość danych, którą trzeba będzie zabezpieczyć, oscyluje w zakresie 50 gigabajtów z tendencją wzrostową z roku na rok.

6. Wymagania sprzętowe stawiane przez ESOD

Mnogość systemów elektronicznego obiegu dokumentów uniemożliwia jednoznaczne wskazanie wymagań, które muszą zostać spełnione, by korzystać z systemu, niemniej jednak występuje prawidłowość, która mówi, że czym więcej jest funkcji zaimplementowanych w systemie, tym wyższe są jego wymagania.

W kontekście wymagań dotyczących platformy sprzętowej należy wspomnieć o architekturze, na podstawie której pracuje system. O ile system został napisany w technologii webowej, oznacza to, że pełna obsługa odbywa się poprzez przeglądarkę internetową; należy spodziewać się, iż wymagania systemu dotyczące komputerów, na których pracują użytkownicy, nie będą wysokie, natomiast serwer, na którym posadowiona jest aplikacja i baza danych, powinien być maszyną o rozbudowanej konfiguracji. W przypadku aplikacji, w której na komputerach klientów instaluje się oprogramowanie, można spodziewać się wzrostu wymagań. W tym przypadku wymagania dotyczące serwera będą zazwyczaj nieco niższe.

Często praktykowane jest (szczególnie w rozwiązaniach webowych) rozdzielanie części aplikacji (interfejsu użytkownika i warstwy logiki biznesowej) od

bazy danych (motor bazy danych) między dwa lub więcej serwerów. Jest to praktyka stosowana najczęściej w przypadku instalacji obsługujących dużą liczbę użytkowników w celu podniesienia dostępności systemu oraz zapewnienia odpowiedniej wydajności. Klastry²⁰, bo o nich mowa, zapewniają poprzez metodę wysokiej dostępności (ang. *high availability*) ciągły dostęp do zasobów systemu. Metoda ta polega na zwielokrotnieniu serwerów, które w przypadku wystąpienia awarii przejmują rolę maszyn uszkodzonych. Z kolei klastry balansowania ruchem (ang. *load balancing*) zapewniają podział obciążenia poprzez zwielokrotnienie serwerów obsługujących użytkowników w tym samym czasie. Często praktyką jest łączenie klastrów wysokiej dostępności (klaster niezawodnościowy) oraz balansowania ruchem (klaster wydajnościowy).

Rozbudowane oprogramowanie zapewnia, rzecz jasna, dużą funkcjonalność, niemniej jednak wymusza na użytkownikach konieczność przyswojenia dużej ilości wiedzy. Z doświadczeń wynika, że spośród najczęściej występujących w systemach modułów wymienionych w niniejszym tekście najczęściej używane są te związane z realizacją spraw oraz wyszukiwaniem i raportowaniem, pozostałe stosowane są marginalnie – zazwyczaj przez użytkowników zaawansowanych.

7. Wdrożenie elektronicznego systemu obiegu dokumentów

Wbrew przyjętym stereotypom wdrożenie elektronicznego systemu obiegu dokumentów wymaga dużo pracy ze strony dostawcy oraz każdej jednostki służby zdrowia.

Standardowy model wdrożenia powinien zawierać konfigurację ESOD w zakresie:

- wykonania analizy przedwdrożeniowej, której zadaniem jest zebranie informacji wymaganych do wdrożenia,
- implementacji struktury organizacyjnej,
- implementacji podległości służbowych oraz wynikających z nich powiązań,
- implementacji przynajmniej części kont użytkowników,
- implementacji założeń zawartych w *Instrukcji kancelaryjnej*,
- importu i implementacji *Jednolitego rzeczowego wykazu akt*.

Powyższa lista zawiera czynności wykonywane przez dostawcę oprogramowania, niemniej jednak zawartość, która zostanie wprowadzona do ESOD, powinien przygotować zamawiający oprogramowanie. Z doświadczenia wynika, że największą trudność stanowi dobre przygotowanie spisu JRWA. Założenia *In-*

²⁰ http://pl.wikipedia.org/wiki/Klaster_komputerowy.

strukcji kancelaryjnej są zazwyczaj spisane i opublikowane, natomiast istnieją duże problemy z wykonywaniem tych postanowień przez pracowników. Najczęściej występującym błędem, będącym również naruszeniem prawa, jest nieprzestrzeganie przez pracowników wprowadzonego sposobu znakowania spraw lub też całkowity brak oznaczenia prowadzonych spraw. Jest to szczególnie ważna kwestia w kontekście *Ustawy o narodowym zasobie archiwalnym i archiwach* wraz z późniejszymi zmianami.

Wspomniano już wielokrotnie o *workflow*, który jest kojarzony jako sposób na wprowadzenie ładu pośród procesów przepływu pracy. Owszem, spełni on założenia przed nim stawiane, ale odpowiednia implementacja procesów przepływu pracy wiąże się jednocześnie z posiadaniem takich procedur przez jednostkę służby zdrowia wdrażającą ESOD. O ile wybrana jednostka posiada certyfikat ISO serii 9000, wdrożenie procedur będzie o tyle łatwiejsze, że taka jednostka powinna dysponować odpowiednią opisującą je dokumentacją.

W większości przypadków nieodłączną częścią każdego wdrożenia jest szkolenie użytkowników systemu. Najczęściej dzieli się użytkowników na trzy grupy z uwagi na charakter wykonywanej pracy:

- Użytkownik techniczny – zakres szkolenia obejmuje wszystkie zagadnienia techniczne związane z systemem, konfiguracją, administracją, nadawaniem globalnych uprawnień itd. Ta grupa użytkowników ma za zadanie utrzymać system w ciągłej dostępności oraz zadbać o jego poprawną pracę.
- Użytkownik kancelaryjny – zakres szkolenia obejmuje sposób skanowania i opisywania dokumentów w systemie oraz przekazywanie ich pozostałym użytkownikom. Tematami poruszonymi na szkoleniu są również: obsługa różnych rodzajów korespondencji, sposób postępowania z korespondencją niejawną, wydruki, obsługa korespondencji seryjnej, wyszukiwanie i raportowanie, opis uprawnień.
- Użytkownik merytoryczny – zakres szkolenia obejmuje sposób prowadzenia spraw, obsługę i znakowanie spraw zgodnie z *Instrukcją kancelaryjną*, opis pracy grupowej, wyszukiwanie i raportowanie, opis uprawnień.

Sposób prowadzenia szkoleń jest zazwyczaj uzależniony od liczby użytkowników, którzy muszą zostać przeszkoleni. W przypadku gdy szkoleniu podlega stosunkowo niewielka grupa użytkowników (do 100 osób), proponuje się szkolenia grupowe z podziałem na funkcje, w innym przypadku proponuje się szkolenia grupy trenerów. Drugi przypadek wymaga wyselekcjonowania pośród pracowników grupy użytkowników wyróżniających się na tle pozostałych wiedzą z zakresu obsługi komputera oraz umiejętnościami w dziedzinie przekazywania wiedzy. Grupa trenerów szkolona jest bardzo szczegółowo w zakresie wszystkich zagadnień związanych z systemem oraz omawiane są kwestie, na które należy położyć największy nacisk podczas przekazywania wiedzy innym użytkownikom.

8. Korzyści wynikające z zastosowania ESOD

Każda jednostka służby zdrowia, wdrażając ESOD, powinna spodziewać się korzyści wynikających z wdrożenia. Zatem na jakie korzyści i w jakim zakresie można liczyć?

Pierwszym, nasuwającym się spostrzeżeniem są korzyści finansowe, wynikające z ograniczenia użycia papieru, materiałów eksploatacyjnych, sprzętu drukującego. Niższe zużycie sprzętu drukującego czy kopiującego obniża również nakłady finansowe związane z zakupem nowego sprzętu oraz serwisem sprzętu używanego.

Znacznie ważniejsze są jednak korzyści wynikające z uporządkowania i scentralizowania systemu informacji na temat spraw i dokumentów, znaczne przyspieszenie dostępu do informacji poprzez wprowadzenie sprawnie działających mechanizmów wyszukiwania i raportowania. Bardzo ważna jest kwestia związana ze wzrostem bezpieczeństwa informacji oraz automatycznie tworzącej się historii zdarzeń, na podstawie której można prześledzić przebieg pracy. Istotna jest również możliwość dostępu do dokumentów i spraw z dowolnego punktu podłączonego do systemu w razie wystąpienia takiej potrzeby.

Bardzo dużą korzyść daje również funkcjonalność, umożliwiając przekazanie wszystkich obowiązków nieobecnego pracownika innemu na czas jego nieobecności.

W celu wypełnienia zobowiązań wynikających z ustawy o dostępie do informacji publicznej (publikacja stanów spraw) zastosowanie ESOD wydaje się idealnym rozwiązaniem, ponieważ prowadząc sprawy za pomocą wewnętrznych mechanizmów dostępnych z poziomu systemu, można swobodnie publikować stany, w których znajdują się sprawy.

9. Ciemne strony ESOD

Dotychczas Elektroniczny System Obiegu Dokumentów przedstawiany był w superlatywach jako narzędzie skuteczne i wprowadzające ład i porządek. Czy tak jest naprawdę, czy jednak istnieją złe strony ESOD?

System ten jest na tyle użyteczny, na ile potrafią go wykorzystać użytkownicy, zatem nie można spodziewać się, że po jego wdrożeniu nastąpi radykalna zmiana w jakości pracy. Aby zmiany były widoczne, potrzebna jest dobra wola oraz egzekwowanie ustaleń związanych z ESOD przez osoby pełniące funkcje zarządzające wobec użytkowników. Zatem opór materii ludzkiej przed używaniem ESOD jest głównym czynnikiem wpływającym na powodzenie wdrożenia.

W praktyce stosowanie tego systemu w jednostkach służby zdrowia jest możliwe, niemniej jednak istniejące uwarunkowania prawne uniemożliwiają wykluczenie tradycyjnego przekazywania dokumentów. Niestety, w chwili obecnej konieczne jest przekazanie dokumentu papierowego pracownikowi, który będzie zajmował się sprawą wraz z wersją elektroniczną.

Kolejną kwestią są koszty, które trzeba ponieść w związku z zakupem i wdrożeniem ESOD. Zazwyczaj każda jednostka będzie narażona na wydatek uzależniony od wielkości wdrożenia oraz liczby użytkowników. Z doświadczenia wynika, że dla jednostki zatrudniającej do 100 pracowników ten wydatek będzie oscylował w granicach od 30 tys. do 100 tys. złotych netto w zależności od zakresu usług oraz funkcjonalności ESOD. Podczas wyceny należy uwzględnić konieczność zakupu serwera oraz sprzętu skanującego.

10. Podsumowanie

Obecnie większość jednostek służby zdrowia jest wyposażona w odpowiedni sprzęt umożliwiający wdrożenie i sprawne funkcjonowanie ESOD. Także stan wiedzy i kwalifikacji pracowników technicznych odpowiedzialnych za informatyzację w służbie zdrowia jest odpowiednio wysoki, aby z powodzeniem realizować wdrożenia ESOD. Należy jednak pamiętać, że sprawne wdrożenie tego systemu zależy w równym stopniu od ładu informacyjnego wewnątrz jednostki oraz od sprawnego działania samego oprogramowania. Proces wdrożenia jest z reguły dosyć długi, ale metodyczne podejście gwarantuje sukces.

Na rynku dostępnych jest wiele dojrzałych rozwiązań z zakresu elektronicznego obiegu dokumentów i ciągle powstają nowe, coraz bardziej użyteczne oraz sprawniej działające. Ze szczególną uwagą należy podejść do rozwiązań rodzimej produkcji, ponieważ doświadczenie wskazuje, że systemy pochodzące od producentów spoza Polski częstokroć nie są dostosowane do wymagań prawnych obowiązujących w naszym kraju.

Omawiane systemy mogą w znacznym stopniu przyczynić się do ograniczenia kosztów. Właściwie jest to gwarantowane, o ile zostaną wprowadzone pewne ograniczenia związane z wykorzystaniem tradycyjnych (papierowych) metod obsługi korespondencji. Ograniczenie kosztów nie jest związane jedynie z mniejszym wykorzystaniem papieru, ale również materiałów eksploatacyjnych (tuszy, tonerów), zużycia sprzętu (konieczność zakupu nowego), serwisowania sprzętu drukującego.

Bardzo ważna pod względem użyteczności ESOD jest również nośność informacyjna. Dzięki tego typu systemom możliwe jest prześledzenie i zidentyfikowanie ścieżki przepływu pracy, dystrybucji informacji oraz obiegu doku-

mentu. Możliwość identyfikacji i bardzo szybki dostęp do wersji wybranego dokumentu są niewątpliwie bardzo korzystne dla każdej instytucji służby zdrowia.

Obecnie zastosowanie ESOD jest już dosyć powszechnym zjawiskiem, szczególnie w administracji publicznej zarówno rządowej, jak i samorządowej. Coraz częściej praktykowane są wdrożenia w jednostkach służby zdrowia (dotyczy to np. Instytutu Onkologii im. Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie, oddziału w Gliwicach, Wojewódzkiej Stacji Pogotowia Ratunkowego w Warszawie), co jest bardzo czytelną przesłanką, wyznaczającą kierunek zmian, w którym zmierza informatyzacja służby zdrowia. Miejmy nadzieję, że nadchodzące zmiany przyczynią się do usprawnienia pracy oraz ograniczenia kosztów, co powinno być priorytetem.

Literatura

<http://isip.sejm.gov.pl>.
<http://pl.wikipedia.org>.
<http://www.businessobjects.com>.
<http://www.iso.org>.
<http://www.w3.org>.
<http://www.twain.org>.
<http://www.wfmc.org>.
http://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=wsbpel.
<http://www.microsoft.com/poland/office/programs/word/highlights.mspx>.
<http://en.wikipedia.org>.
<http://www.archiwa.gov.pl/?CIDA=776>.

R o z d z i a ł 3

BUSINESS INTELLIGENCE W OCHRONIE ZDROWIA

Grzegorz Bies

Cenionymi alchemikami XXI wieku nie będą osoby umiejące zamienić ołów w złoto, ale specjaliści potrafiący zamienić dostępne dane w użyteczną wiedzę

Marian Łakomy

Streszczenie: Praca porusza idee systemów „Business Intelligence”, ze szczególnym uwzględnieniem technologii OLAP. Opisano podstawowe pojęcia związane z „Business Intelligence”. Przedstawiono korzyści wynikające z zastosowania OLAP w służbie ochrony zdrowia. Omówiono przykładowe wykorzystanie możliwości kostek OLAP oraz analizę danych przy używaniu tabel przestawnych. Zapewnienie sprawnego zadania mierzenia, analizowania oraz zarządzania przepływem pacjentów wymaga zaprojektowania narzędzia zdolnego do analizowania i wizualizacji danych operacyjnych. Wykorzystanie wspomnianych w pracy technologii staje się powoli niezbędnym czynnikiem w skutecznym, efektywnym i nowoczesnym zarządzaniu.

Słowa kluczowe: Business Intelligence, ochrona zdrowia, technologia OLAP

Abstract: The chapter deals with the idea of Business Intelligence systems and, particularly, with the OLAP technology. Fundamental terms connected with Business Intelligence are covered and the advantages of using OLAP in health services are shown. The chapter presents an example of employing OLAP cubes and data analysis using pivot tables. Efficient measuring, analysing and managing the patient flow require developing a tool capable of the analysis and visualisation of the operational data. Gradually, the employment of the technologies mentioned here becomes a requirement for efficient, effective and modern management.

Keywords: Business Intelligence, health services, OLAP technology

1. Wprowadzenie

Podstawą sprawnego zarządzania jest posiadanie kompleksowej, terminowej i dokładnej informacji. Systemy dostarczające informacje mają szczególne znaczenie, zwłaszcza dla wspierania funkcji planowania i kontroli. Jedynie zarządzający, którzy dysponują ścisłymi i aktualnymi informacjami, mogą sprawdzać postęp realizacji celów i przemieniać plany w rzeczywistość. Sama jednak dostępność informacji nie jest warunkiem postępu w organizacji. Posiadanie nawet ogromnych zasobów informacji bez umiejętności ich wykorzystania częstokroć prowadzi do chaosu tożsamego z dezinformacją oraz paraliżem rozwoju organizacji. Wyciąganie wniosków z posiadanych informacji, prowadzące do wiedzy i podejmowania odpowiednich decyzji, jest wartością niezbędną do przetrwania i rozwoju w obecnych czasach. Dziedzina ochrony zdrowia nie jest w tym przypadku wyjątkiem. Wzrastające potrzeby informacyjne zarysowały się w okresie modyfikacji sposobu finansowania, zmian struktury własności zakładów świadczących usługi, reorganizacji procesu planowania oraz nadzoru.

Reforma systemu opieki zdrowotnej zmieniła warunki funkcjonowania instytucji opieki zdrowotnej, wskutek urynkowienia stały się one uczestnikami gry rynkowej. Naturalnym zjawiskiem wolnego rynku jest konkurencja. Aby jej sprostać, trzeba umieć zbierać dane, analizować je oraz przetwarzać w informacje, które będą istotne dla aktualnej i przyszłej pozycji na rynku. Wsparciem w tym procesie jest wykorzystanie narzędzi *Business Intelligence*, które oferują aplikacje i technologie służące do zbierania, analizowania i udostępniania danych w celu podejmowania lepszych decyzji gospodarczych.

Termin *Business Intelligence* określa zarówno klasę oprogramowania, jak i usługi związane ze zbieraniem informacji. Z punktu widzenia systemu informatycznego *Business Intelligence* pozwala na analizę zawartości baz danych – przy wykorzystaniu takich technik, jak OnLine Analytical Processing lub Data Mining.

2. Istota *Business Intelligence*

Każdego dnia swej działalności organizacja gromadzi ogromną ilość danych. Mogą one np. dotyczyć: zamówień, zapasów magazynowych, klientów, przeprowadzonych i planowanych transakcji itd. Odpowiednie wykorzystanie napływających danych może okazać się kluczowe dla przyszłości organizacji. Z pomocą przychodzi idea *Business Intelligence*.

Bezsprzecznie za ojca *Business Intelligence* uznawany jest Howard Dresner, który w 1989 roku określił zbiór metodologii przeznaczonych do poprawy procesów podejmowania decyzji w gospodarce poprzez sprawniejsze wykorzystanie systemów przetwarzających informacje (www.intelligenterp... 2007).

Można spotkać się z różnymi definicjami *Business Intelligence*, według IBM Business Intelligence Web page termin ten oznacza używanie zasobów danych organizacji w celu podjęcia lepszych decyzji dla jej rozwoju. Rozumiemy przez to analizę danych oraz odkrywanie nowych możliwości stojących przed organizacją (S u e l i A l m e i d a, I s h i k a w a, R e i n s c h m i d t, R o b e r t 1999).

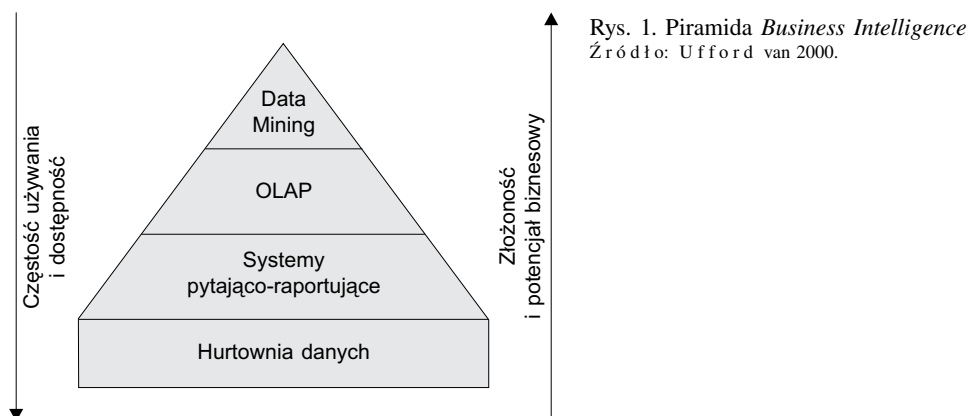
Według portalu www.whatis.com *Business Intelligence* można zdefiniować jako „szeroki wachlarz aplikacji i technologii służących do zbierania, analizowania i udostępniania danych po to, aby pomóc pracownikom organizacji w podejmowaniu lepszych decyzji gospodarczych. Do aplikacji BI możemy zaliczyć systemy wspomagania decyzji, systemy raportująco-pytające, Online analytical processing, analizy statystyczne, prognozowanie i eksplorację danych”. Definicja ta wprowadza swoisty podział na dwa wymiary zastosowania systemów *Business Intelligence*:

- organizacji traktowanej jako całość,
- konkretnych przypadków, w których rozpatrywana jest funkcjonalność systemu BI.

W opublikowanym w 1996 roku dokumencie Gartner Group stwierdza, że: „Już do 2000 roku na rynku będą działały patrzące w przyszłość przedsiębiorstwa, posiadające narzędzia BI i informacje dostarczane przez te narzędzia, dostępne dla szerokiego grona pracowników, konsultantów, klientów, dostawców i społeczności. Kluczem do przetrwania na konkurencyjnym rynku jest bycie o krok przed konkurencją. Podejmowanie dobrych decyzji biznesowych na podstawie bieżących i pewnych informacji daje dużo więcej niż sama intuicja. Analiza danych, raportowanie i narzędzia zapytań mogą pomóc użytkownikom biznesu przebrnąć przez ogrom danych w celu wydobycia najistotniejszych informacji. Dziś te narzędzia razem zaliczane są do kategorii zwanej *Business Intelligence*”. Możemy więc powiedzieć, że bez odpowiedniego wdrożenia i wykorzystania narzędzi *Business Intelligence* organizacja jest skazana na przegraną w walce z konkurencją.

3. Piramida *Business Intelligence*

Termin *Business Intelligence* może być przedstawiony jako swoista piramida przedstawiona na rys. 1.



Na systemy *Business Intelligence* składa się wiele narzędzi analitycznych. Narzędzia te dokonują przede wszystkim różnorodnej analizy danych, które zgromadzone są u podstawy piramidy, w sercu systemu – hurtowni danych. Aplikacje *Business Intelligence* można podzielić ze względu na dwa wymiary: częstotliwość korzystania i liczbę użytkowników oraz złożoność i potencjał, jaki niosą z sobą dla biznesu. Patrząc więc na rys. 1, można wywnioskować, iż im wyżej jesteśmy w hierarchii aplikacji, tym są przeprowadzane bardziej skomplikowane analizy, które w rezultacie dają potencjalnie lepsze wyniki (np. przy użyciu Data Mining). Jeśli zejdziemy niżej w danej hierarchii, to znajdziemy narzędzia używane częściej i przez większą liczbę użytkowników (np. systemy raportująco-pytające)¹.

Do głównych zalet systemów *Business Intelligence* możemy zaliczyć to, iż:

- Wspomagają nie tylko najnowsze technologie informatyczne, dostarczają również rozwiązania dla istniejących w organizacji aplikacji.
- Kładą nacisk na udostępnieniu i dostarczeniu informacji biznesowej końcowemu użytkownikowi.
- Wspierają analizę i dostęp do wszystkich form informacji biznesowej, nie tylko tych przechowywanych w hurtowni danych.

Organizacje poszukują sposobu udoskonalenia zdolności podejmowania decyzji, jedną z barier jest ilość i złożoność danych operacyjnych zgromadzonych w systemach, które użytkują. Aby rozwiązać ten problem, wiele organizacji buduje hurtownię danych, aby udostępnić i wykorzystać informacje ze wszystkich swoich systemów. Stosowanie hurtowni danych pozwala na uporządkowanie i usystematyzowanie zasobów informatycznych w przedsiębiorstwie oraz daje możliwość opanowania danych rozproszonych po różnych systemach informatycznych.

¹ <http://www.few.vu.nl/onderwijs/stage/werkstuk/werkstuk-quarles.doc>.

Definicja pojęcia hurtowni danych, zorientowana na systemy wspomagania decyzji, została przedstawiona przez Vidette Poe (Poe, Klauser, Brobst 2000) i brzmi ona następująco: „Hurtownia danych jest analityczną bazą danych, która jest fundamentem systemu wspomagania decyzji”. Analityczne bazy danych przechowują informacje odnoszące się do konkretnych punktów w czasie. Informacje te są wykorzystywane do porównań, analizy wzorców, trendów. Dane zawarte w tej bazie pozostają niezmiennie. Dzięki temu m.in. może być przeprowadzone porównanie, bo niezbędne są niezmienniające się wartości, względem których jest ono przeprowadzone. Użytkownicy takiej bazy nie mają możliwości zmiany danych, mogą tylko odczytywać zawarte w niej informacje.

4. Korzyści implementacji OLAP w służbie ochrony zdrowia

Jednostki służby zdrowia od wielu lat zmagają się z narastającymi wymaganiami dotyczącymi sprawnego zarządzania. Jednym z kluczowych aspektów są kwestie dotyczące rozkładu kosztów, przepływu pacjentów oraz organizacji pracy personelu medycznego. Do efektywnego zarządzania niezbędne jest opracowanie odpowiednich miar. Zapewnienie sprawnego i skutecznego mierzenia, analizowania i zarządzania przepływem pacjentów wymaga zaprojektowania narzędzia zdolnego do transmisji, organizowania, analizowania i wizualizacji danych operacyjnych w czasie rzeczywistym. Jednym z narzędzi, które spełnia te kryteria, jest OLAP.

Rozpatrując czynniki wpływające na pracę szpitala, pojawiają się pytania, którym musi sprostać zarządzający placówką, np.:

- Jak wielu pacjentów zostało przyjętych w tym miesiącu w porównaniu z miesiącem poprzednim i jak kształtowała się ta wartość w tym samym czasie, ale dwa lata temu?
- Jaki był średni czas zajęcia łóżka przez pacjenta z uwzględnieniem podziału na dolegliwość w tym roku i latach uprzednich?

Odpowiedzi na pytania o analogicznej treści są codziennością w pracy zarządzającego szpitalem. Zarządzający i ich podwładni określają długoterminowy plan zatrudnienia liczby lekarzy i pielęgniarek w zależności od liczby pacjentów, określają przydział pacjentów do pokoi, podejmują decyzje odnośnie do kolejności pacjentów do badań specjalistycznych (np. tomograf). Odpowiedzi na tego typu pytania wymagają ogromnej ilości danych, opracowania wykresów oraz często zatrudnienia dodatkowej osoby zajmującej się analizami. Korzystając z tradycyjnych systemów, przeprowadzenie analizy okazuje się zwykle czasochłonne, a po jej uzyskaniu staje się ona nieaktualna. W statycznym raporowaniu zarządzający otrzymuje raport zwykle na wysokim poziomie agregacji,

bez możliwości wglądu na jej niższy poziom. Na tym poziomie wglądu w dane nie ma wystarczających informacji do zrozumienia przyczyny danego zjawiska lub prześledzenia go w czasie, aby znaleźć rozwiązanie. Gdy te same dane są częścią systemu OLAP, stają się częścią narzędzia analitycznego intuicyjnego w obsłudze dla zarządzającego. Używając tylko kliknięć myszką, może on operować wymiarami (np. czas) w uznanej za stosowną agregacji, tak aby zrozumienie przyczyn danego zjawiska stało się możliwe. Wygenerowane kostki mogą szybko dostarczyć informacji o np. wolnych łóżkach na salach w danym dniu, miesiącu, zasobach kadry medycznej i innych.

W biznesie OLAP jest zwykle używany do analizy sprzedaży, inwentaryzacji produktów itp. W służbie zdrowia najczęściej stosuje się narzędzia OLAP do analizy kosztów leczenia, kosztów utrzymania jednostki opieki zdrowotnej, refundacji, analizy budżetu placówki, analizy profilu lekarzy. Jeśli tylko hurtownia danych zostanie poprawnie zaprojektowana, wyszkolenie personelu w tworzeniu kostek, analiz na podstawowym poziomie nie wymaga dużych kosztów. Narzędzia OLAP są pomocne w analizie dla użytkowników na każdym poziomie organizacyjnym. Dlatego warto skupić się na integracji istniejących systemów w jednostkach ochrony zdrowia w duże hurtownie danych.

Korzyści, możliwe do uzyskania dzięki zastosowaniu systemu OLAP w ochronie zdrowia, obrazuje poniższy przykład: pacjent przeprowadził badania stawu kolanowego u lekarza domowego, który stwierdził poważniejszy uraz, wymagający konsultacji ze specjalistą. Pacjent chciałby się dowiedzieć, jaka placówka jest najodpowiedniejsza w przypadku tego typu schorzeń. Zazwyczaj źródłem tego typu informacji są: lekarz rodzinny, rodzina bądź specjalistyczne grupy dyskusyjne dostępne w Internecie, jednakże informacje z tych źródeł

Total Knee Replacements Per Hospital Per County					
Page Items: County Name: Miami-Dade Procedure: TOTAL KNEE REPLACEMENT					
	Count	Avg Length Of Stay	Avg Total Charge	Avg Pharmacy Charge	Avg Ar
CEDARS MEDICAL CENTER	176	5.02	37,039	4,476	
BAPTIST HOSPITAL OF MIAMI	148	4.43	18,727	2,230	
HEALTHSOUTH DOCTORS' HOSPITAL	106	5.75	23,551	2,567	
MERCY HOSPITAL INC.	100	4.05	20,497	1,796	
MOUNT SINAI MEDICAL CENTER	69	5.28	22,933	2,028	
SOUTH MIAMI HOSPITAL	68	3.78	22,406	2,747	
AVENTURA HOSPITAL AND MEDICAL CENTER	64	3.69	26,190	2,945	
MIAMI HEART INSTITUTE AND MEDICAL CENTER	53	4.36	25,654	1,855	
PALMETTO GENERAL HOSPITAL	53	3.96	26,063	4,544	
KENDALL MEDICAL CENTER	49	4.51	29,890	1,979	
PALM SPRINGS GENERAL HOSPITAL	37	5.57	16,616	3,560	
CORAL GABLES HOSPITAL	33	6.55	28,907	4,578	
NORTH SHORE MEDICAL CENTER	29	4.24	18,283	2,305	
PAN AMERICAN HOSPITAL	24	4.13	20,619	2,279	

Rys. 2. Liczba przeprowadzonych zabiegów schorzeń stawu kolanowego przez szpitale w Miami
Źródło: Berndt 2001.

mają zazwyczaj subiektywny charakter i są trudne do weryfikacji. Medyczna hurtownia danych zorientowana na klienta (w tym przypadku pacjent) umożliwia wypełnienie luki informacyjnej w tym zakresie (B e r n d t 2001).

Na rysunku 2^{*} przedstawiono całkowitą liczbę operacji schorzeń stawu kolanowego dla wszystkich szpitali w stanie Miami, uwzględniając takie informacje, jak: średnia czasu pobytu pacjenta w szpitalu, średni koszt zabiegu.

Liczba przeprowadzonych zabiegów może być traktowana jako wskazówka dla pacjenta przy wyborze szpitala, im więcej przeprowadzonych zabiegów, tym większe doświadczenie personelu w tego typu zabiegach. Oczywiście wysnuty wniosek może odbiegać od rzeczywistości, jednakże jest to cenna wskazówka w wyborze szpitala. Raport został opracowany dynamicznie, przez agregację liczby zabiegów dla poszczególnych szpitali, pacjent może zadać bardziej szczegółowe pytanie, ograniczając je do liczby wykonanych zabiegów dla pacjentów powyżej 75. roku życia. Identyfikacja liczby zabiegów przypadających na jednego lekarza jest możliwa dzięki wygenerowaniu określonych danych (zob. rys. 3).

Total Knee Replacements Per Physician Per City					
Page Items: Procedure: TOTAL KNEE REPLACEMENT City: MIAMI					
	Number of Procedure	Avg Length Of Stay	Avg Total Charge	Avg Room Charge	Avg Pharmacy Charge
BORJA, FRANCISCO J.	69	4.52	17,964	2,628	2,308
LAVERNIA, CARLOS J.	69	5.94	44,887	3,726	5,900
CARVAJAL, PEDRO J.	57	3.96	21,415	1,783	2,100
CORCES, ARTURO	50	3.82	26,635	2,227	3,000
BEAUPERTHUY, GILBERT D.	31	4.32	27,797	2,203	2,700
LEVITT, RICHARD L.	27	3.37	19,957	1,433	2,400
FORNESS, TIMOTHY J.	23	4.17	28,437	1,858	2,700
AMAYA, WILFREDO P.	18	3.11	17,476	1,750	1,800
BLYTHE, STEPHEN E.	18	4.17	25,449	2,262	3,000
CALDWELL, JOSEPH J.	15	3.20	22,991	1,694	2,100
STANZIOLA, FELIX A.	13	3.38	21,638	1,918	1,800
EVANS, THEODORE A.	11	5.64	28,138	3,331	2,700
SCHENKMAN, JOEL H.	11	3.64	18,669	2,176	2,200
IZNAGA, JUAN H.	9	4.33	23,427	2,742	2,200

Rys. 3. Liczba przeprowadzonych zabiegów schorzeń stawu kolanowego przez lekarzy w Miami

Źródło: Berndt 2001.

* Wydawnictwo otrzymało rys. 2–12, 14, 17, 19 z niniejszego rozdziału w postaci umożliwiającej naniesienie poprawek redakcyjnych, za co przeprasza Czytelników.

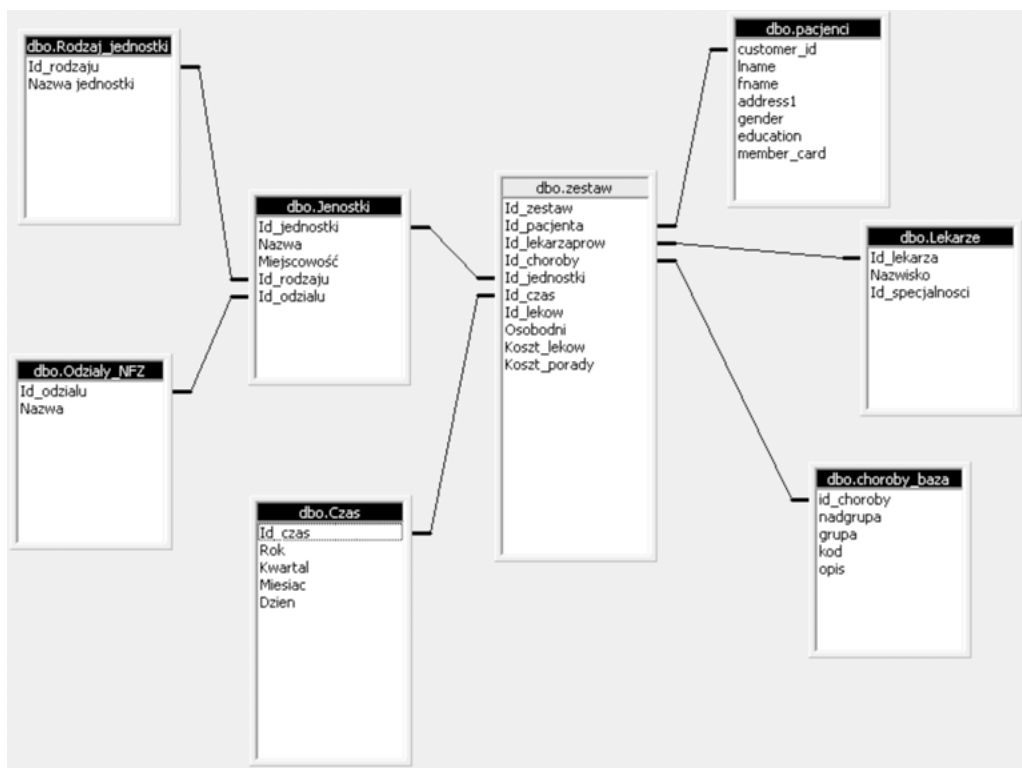
5. Opis zrealizowanego postępowania badawczego

5.1. Struktura hurtowni danych

W hurtowni danych utworzono osiem wymiarów: „choroby”, „czas”, „lekarze”, „leki”, „miasto”, „oddziały”, „pacjenci”, „specjalności lekarzy”. Są to współdzielone wymiary, dlatego wszystkie tworzone jeszcze kostki będą mogły korzystać z tych wymiarów.

Każdy schemat kostki zawiera pojedynczą tabelę faktów i jedną lub więcej tabeli wymiarów.

Schemat hurtowni danych jest zgodny z założeniami teoretycznymi, tzn. ma postać płatka śniegu, czyli jednego z trzech typów schematu hurtowni: gwiazdy, płatka śniegu lub konstelacji. Do zasilenia tabeli relacyjnej wykorzystano program generujący dane losowe, na podstawie dostarczonych informacji. Baza da-



Rys. 4. Schemat kostki

Źródło: Opracowanie własne.

nych składa się z relacyjnej tabeli „zestaw” (na rys. 2 umieszczona centralnie) oraz z pozostałych tabel słownikowych: pacjenci, lekarze, specjalności, choroby_baza, czas (widoczne na rys. 4) oraz dodatkowo z tabel jednostki i rodzaj_jednostki.

5.2. Przetwarzanie kostek OLAP

Przetworzoną kostkę można przeglądać i, w zależności od potrzeb, stosować odpowiednie warunki (na wymiarach). Okno gotowej kostki wygląda jak na rys. 5.

Każdą wartość, przy której jest znak +, można rozwinąć i przejść do bardziej szczegółowych danych. W górnej części mamy do wyboru pozostałe trzy wymiary: czas, miasto i pacjenci. Wymiar choroby jest już przedstawiony w dolnej części razem z wynikami. Każdy wymiar można przesunąć w okno danych i dzięki temu porównywać wyniki dla poszczególnych wartości.

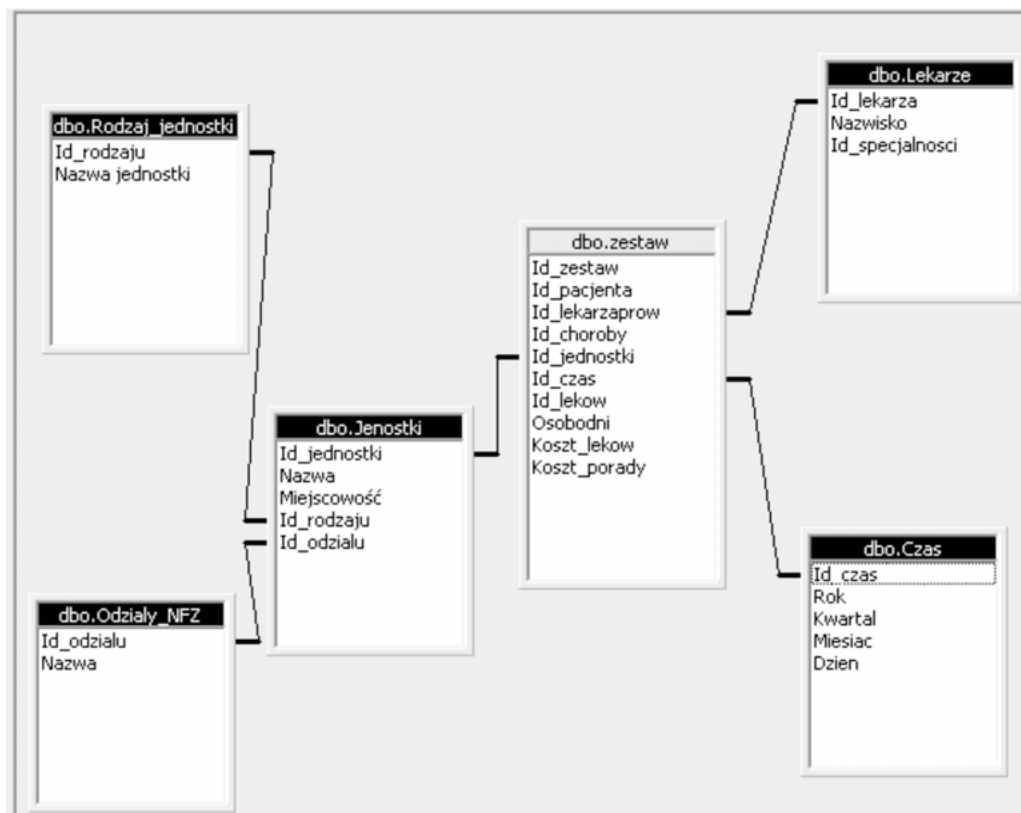
Getting Started Meta Data Data 				
Czas All Czas Miasto All Miasto Pacjenci All Pacjenci Pacjenci				
	MeasuresLevel			
+ Nadgrupa	Osobodni	Liczba pacjentów	rzeczny pobyt w szpitalu	
All choroby	5 452 243	10 281	20	
+ Bakteryjne, wirusowe i i	147 314	5 223	20	
+ Choroby pierwotniaków	288 435	7 779	20	
+ Choroby wirusowe	215 794	6 667	20	
+ Choroby zakaźne przew.	476 928	9 280	20	
+ Gorączki wirusowe	215 251	6 679	20	
+ Gruźlica	267 852	7 457	20	
+ Grzybyce	764 129	10 045	20	
+ Inne choroby bakteryjny	573 608	9 656	20	
+ Inne choroby wywołane	25 077	1 165	20	
+ Inne choroby wywołane	154 140	5 378	20	
+ Następstwa chorób zak.	43 002	1 901	20	
+ Niektóre bakteryjne chc	341 288	8 307	20	

Rys. 5. Okno gotowej kostki dla lekarzy

Źródło: Opracowanie własne.

Na podstawie kostki lekarz może określić liczbę pacjentów, którzy będą chorzy na daną chorobę, pojawili się co najmniej raz w komórce systemu ochrony zdrowia. Można określić miejscowość ich leczenia oraz kiedy byli leczeni, a także poznać ich charakterystyki, takie jak płeć i wykształcenie. Można też dla określonych wyżej warunków poznać sumę dni spędzonych w szpitalu oraz przeciętny jednorazowy pobyt w szpitalu.

Dla zarządzania służbą zdrowia przydatna może się okazać kostka przedstawiona na rys. 6.



Rys. 6. Struktura kostki do zarządzania

Źródło: Opracowanie własne.

Miarami tej kostki są: koszt leków, koszt porad oraz liczba pacjentów. Pierwsze dwie miary nie będą widoczne w podsumowaniu, a służą do wyliczenia elementów kalkulowanych. Elementy kalkulowane to średni koszt porad na pacjenta, średni koszt leków na pacjenta oraz suma kosztów.

Już po przetworzeniu dla użytkownika końcowego kostka przedstawia się jak na rys. 7.

Getting Started					Meta Data		Data			
Czas					All Czas					
Lekarze					All Lekarze					

Rys. 7. Kostka do zarządzania

Źródło: Opracowanie własne.

Na podstawie kostki można sprawdzić rozkład kosztów w określonym czasie dla poszczególnych lekarzy oraz w konkretnym elemencie systemu ochrony zdrowia (oddział NFZ, rodzaj placówki oraz wskazana placówka).

Innym przykładem zastosowania tej technologii może być kostka z przeznaczeniem do rejestracji pacjentów. Schemat kostki przedstawia rys. 8.

W kostce utworzono dwie miary: osobodni oraz liczba pacjentów. Kostka ta ma pięć wymiarów: oddziały, czas, lekarze, pacjenci oraz choroby. Na podstawie kostki można otrzymać szczegółowe informacje odnośnie do liczby pacjentów w danym oddziale oraz podległych mu placówkach. Można również szczegółowo poznać liczbę pacjentów cierpiących na daną chorobę oraz sumę dni spędzonych w szpitalu przez osoby chore. Możliwa jest też analiza ze względu na lekarza prowadzącego chorego. Kostka również dzięki wymiarowi „czas” umożliwia dodatkowo otrzymywanie przekrojowych informacji.

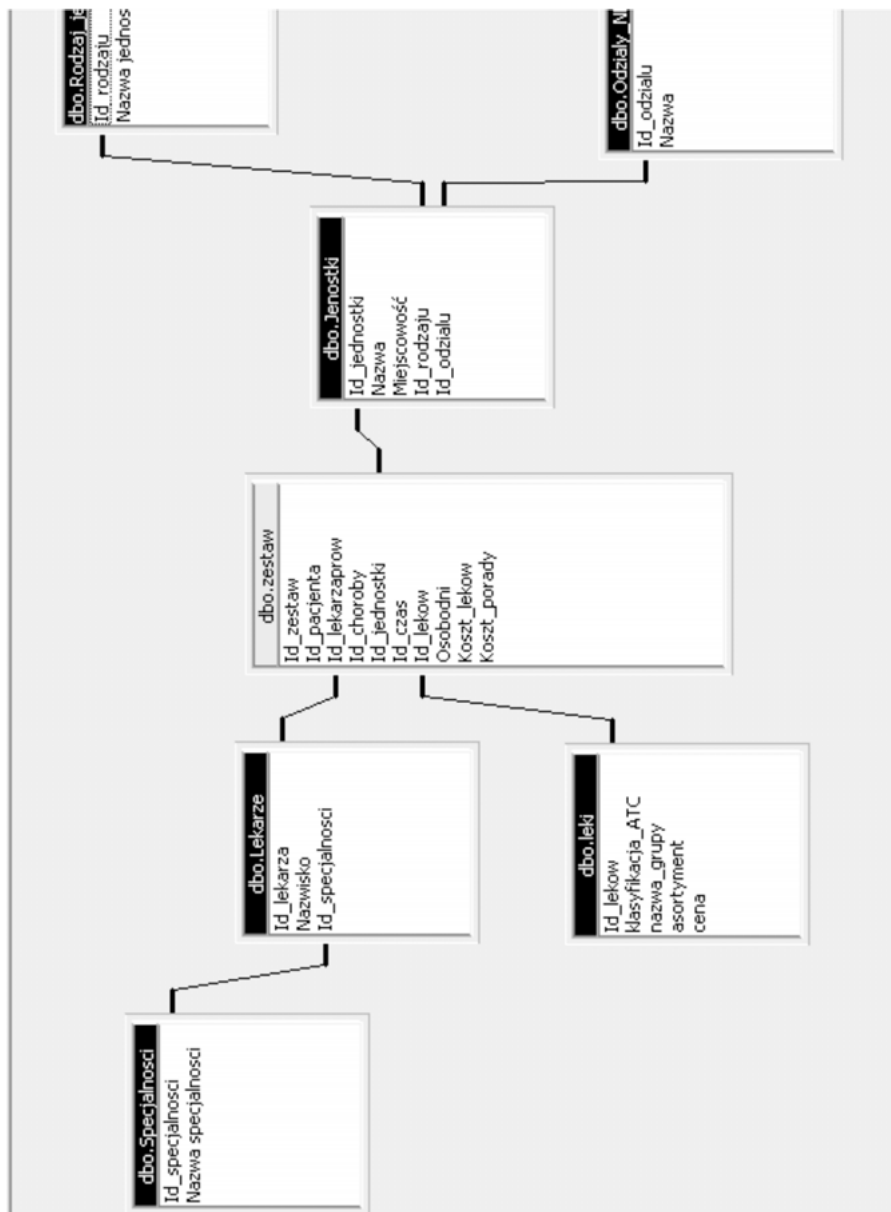
Przetworzoną kostkę zaprezentowano na rys. 9.

Kostka dla oddziałów dzięki wymiarowi „czas” umożliwia dodatkowo otrzymywanie przekrojowych informacji o działalności oddziałów, np. o rozkładzie kosztów w danym oddziale.

Innym przykładowym zastosowaniem kostek może być kostka z przeznaczeniem do nadzoru nad lekami oraz lekarzami (rys. 10).

Źródło: Opracowanie własne.

Kostka ta pozwala na sprawdzenie, jakie koszty generowali poszczególni lekarze z danych specjalności. Czas w tych analizach też może odegrać poważną rolę. Umożliwia sprawdzenie, czy nie stało się tak, że w pewnym momencie nagle lekarze pewnej specjalności zaczęli generować dużo większe koszty niż wcześniej. Sprawdzenie to zawiera również oddziały i placówki NFZ. Ważnym elementem są też leki zapisywane przez lekarzy, ich liczba i cena. Jednym z najważniejszych celów stawianych nowym systemom informatycznym w służbie zdrowia są możliwości wykrycia nadużyć.



Rys. 10. Struktura kostki dla nadzoru
Źródło: Opracowanie własne.

Czas	All Czas
Oddziały	All Oddziały
Leki	All Leki

	MeasuresLevel		
+ Nazwa Specjalności	Koszt Leków	Koszt Porady	Liczba leków
All Specjalności lekarzy	1 600 000,00	1 600 000,00	1 600 000
+ alergologia	15 920,40	15 920,40	15 920
+ anestezjologia i intensywne	31 840,80	31 840,80	31 841
+ angiologia	31 840,80	31 840,80	31 841
+ audiologia i foniatria	31 840,80	31 840,80	31 841
+ balneologia i medycyna	39 801,00	39 801,00	39 801
+ chirurgia dziecięca	15 920,40	15 920,40	15 920
+ chirurgia klatki piersiowej	15 920,40	15 920,40	15 920
+ chirurgia naczyniowa	23 880,60	23 880,60	23 881
+ chirurgia ogólna	23 880,60	23 880,60	23 881
+ chirurgia onkologiczna	15 920,40	15 920,40	15 920
+ chirurgia plastyczna	7 960,20	7 960,20	7 960
+ chirurgia szczękowo-twarzowa	7 960,20	7 960,20	7 960
+ choroby płuc	15 920,40	15 920,40	15 920
+ choroby wewnętrzne	31 840,80	31 847 960,20	31 841
+ choroby zakaźne	23 880,60	23 880,60	23 881
+ dermatologia i wenerologia	47 761,19	47 761,19	47 761
+ diabetologia	23 880,60	23 880,60	23 881

Rys. 11. Kostka dla nadzoru

Źródło: Opracowanie własne.

5.3. Analiza danych przy wykorzystaniu tabeli przestawnej w arkuszu Excel

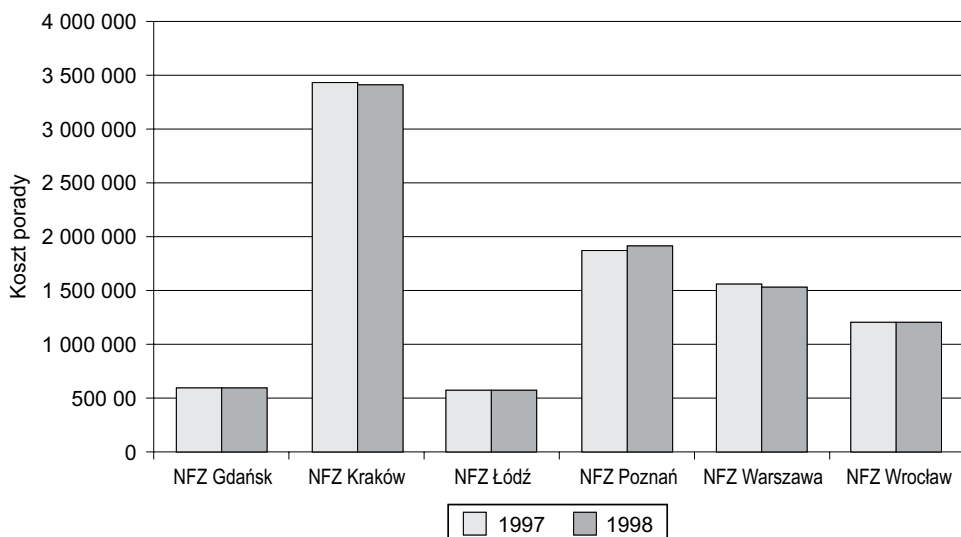
Tabele przestawne (*Pivot Table*) umożliwiają kompleksowe przeglądanie i analizowanie danych. Dają możliwość rozwijania (*drill down*) zagregowanych danych w celu poznania bardziej szczegółowych wyników.

Na podstawie tablic przestawnych możliwe jest tworzenie wykresów przestawnych. Powiedzmy, że interesuje nas kostka nadzór. Chcielibyśmy się dowiedzieć, jakie były sumaryczne koszty porad poszczególnych oddziałów NFZ w poszczególnych latach. Kolejno zaprezentowane zostały: tabela przestawna dla problemu w Excelu (rys. 12) oraz wykres do tabeli przestawnej (rys. 13).

Plik Edycja Widok Wstaw Format Narzędzia Dane Okno Pomoc				
A4 Koszt Porady				
1	Specjalności lekarzy	All Specjalności lekarzy		
2	Leki	All Leki		
3				
4	Koszt Porady	Rok		
5	Nazwa	1997	1998	Suma końcowa
6	NFZ Gdańsk	621404,7	622463,6	1243868,3
7	NFZ Kraków	3391801,2	3373211	6765012,2
8	NFZ Łódź	617372,5	618977,9	1236350,4
9	NFZ Poznań	1837637,7	1866112,1	3703749,8
10	NFZ Warszawa	1545675,2	1539471,7	3085146,9
11	NFZ Wrocław	1228971,3	1230567,1	2459538,4
12	Suma końcowa	9242862,6	9250803,4	18493666

Rys. 12. Tabela przestawna do kostki nadzór

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 13. Wykres przestawny dla rozkładu kosztów porad w zależności od oddziału NFZ oraz czasu

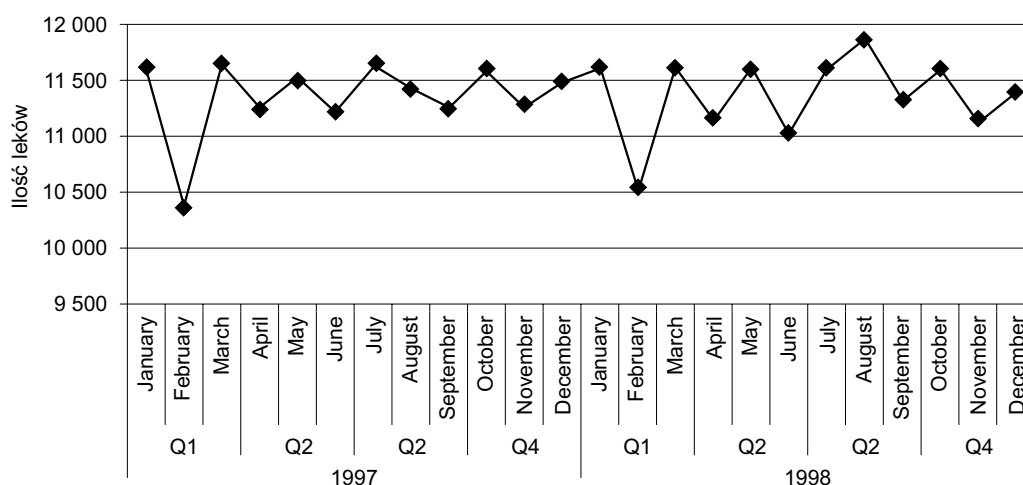
Źródło: Opracowanie własne.

Kolejnym przykładem z kostki „nadzór” może być rozkład liczby sprzedanych leków w poszczególnych miesiącach 1997 i 1998 roku (tabela przestawna – rys. 14, wykres – rys. 15).

	A	B	C	D
1	Specjalności lekarzy	All Specjalności lekarzy		
2	Odziały	All Odziały		
3	Leki	All Leki		
4				
5	Liczba leków			
6	Rok	Kwartal	Miesiąc	Suma
7	1997	Q1	January	11631
8			February	10395
9			March	11650
10		Q1 Suma		33676
11		Q2	April	11233
12			May	11500
13			June	11203
14		Q2 Suma		33936
15		Q3	July	11646
16			August	11435
17			September	11272
18		Q3 Suma		34353
19		Q4	October	11590
20			November	11292
21			December	11512
22		Q4 Suma		34394
23	1997 Suma			1E+05
24	1998	Q1	January	11595
25			February	10528
26			March	11613
27		Q1 Suma		33736
28		Q2	April	11169
29			May	11605
30			June	11033
31		Q2 Suma		33807
32		Q3	July	11601
33			August	11867
34			September	11287
35		Q3 Suma		34755
36		Q4	October	11608
37			November	11186
38			December	11344
39		Q4 Suma		34138
40	1998 Suma			1E+05
41	Suma końcowa			3E+05

Rys. 14. Tabela przestawna dla rozkładu sprzedanych leków

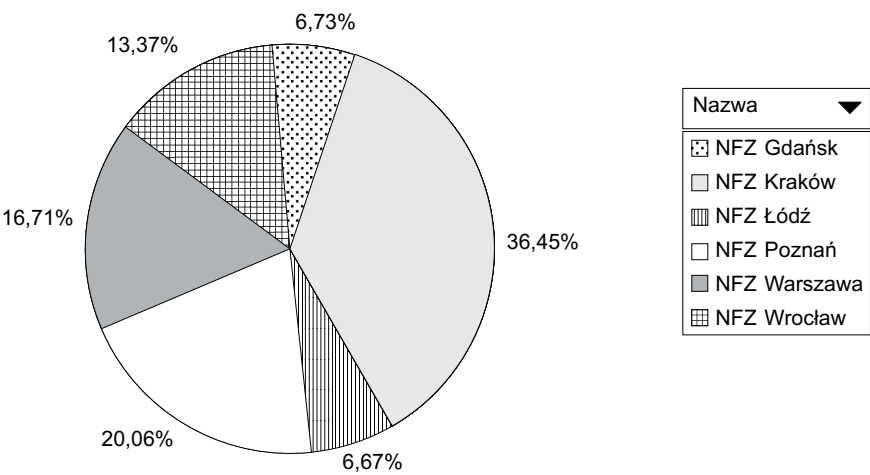
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 15. Wykres przestawny dla ilości sprzedanych leków w kolejnych miesiącach 1997 i 1998 roku

Źródło: Opracowanie własne.

Na podstawie kostki „nadzór” możliwe jest też sformułowanie pytania o udział w sumie kosztów leków poszczególnych oddziałów NFZ. Rysunek 16 przedstawia udział poszczególnych oddziałów NFZ w kosztach.

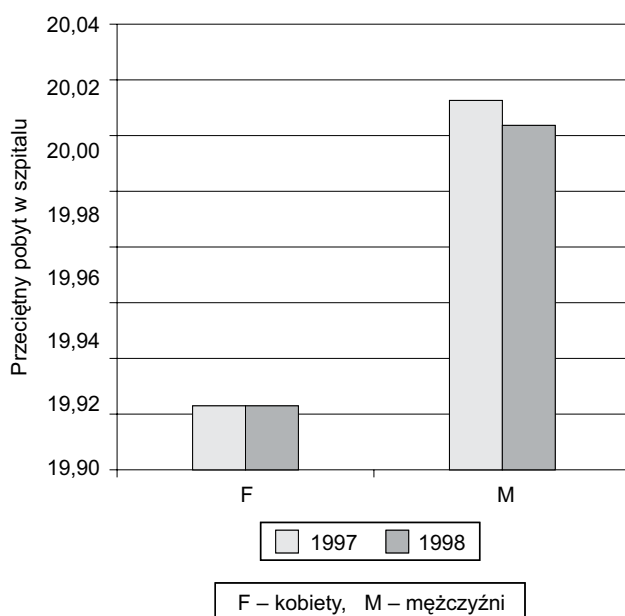


Rys. 16. Wykres przestawny udziału poszczególnych oddziałów NFZ w sumie kosztów leków
Źródło: Opracowanie własne.

Pytanie dotyczące porównania średniego jednorazowego czasu pobytu w szpitalu ze względu na płeć i rok. Tabela przestawna dla problemu – rys. 17.

	A	B	C	D
1	Miasto	All Miasto		
2	choroby	All choroby		
3				
4	Przeciętny pobyt w szpitalu	Rok		
5	Gender	1997	1998	Suma końcowa
6	F	19,99883853	20,02138299	20,01005856
7	M	19,97452518	19,9525244	19,96346843
8	Suma końcowa	19,98665288	19,98653581	19,98659433
9				

Rys. 17. Tabela przestawna dla kostki lekarzy
Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 18. Wykres przestawny przeciętnego pobytu w szpitalu w podziale na płeć i rok pobytu

Źródło: Opracowanie własne.

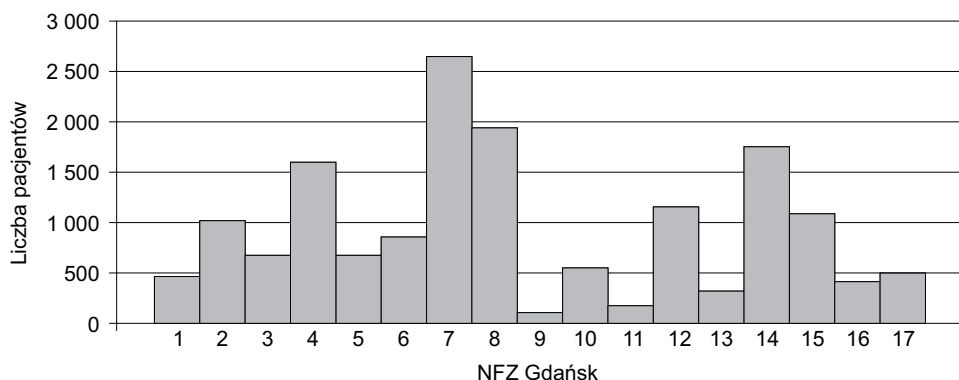
W kolejnym etapie posłużymy się kostką „rejestracja pacjentów”. Pytanie brzmi: Jak rozkłada się liczba pacjentów na poszczególne choroby w oddziale NFZ w Gdańsku? (zob. rys. 19).

Pacjenci	All Pacjenci
Lekarze	All Lekarze
Czas	All Czas
Liczba pacjentów	Nazwa
Nadgrupa	NFZ Gdansk
Bakteryjne, wirusowe i inne czynniki zakaźne	465
Choroby pierwotniakowe	1006
Choroby wirusowe	726
Choroby zakaźne przewodu pokarmowego	1577
Gorączki wirusowe	736
Gruźlica	861
Grzybice	2651
Inne choroby bakteryjne	1938
Inne choroby wywołane przez Chlamydie	96
Inne choroby wywołane przez krętki Spirochetaceae	542
Następstwa chorób zakaźnych i pasożytniczych	134
Niektóre bakteryjne choroby odzwierzęce	1153
Riketsjozy	324
Robaczyce	1757
Wirusowe zakażenia ośrodkowego układu nerwowego	1066
Wirusowe zapalenie wątroby	401
Wszawica, akarioza i inne inwazje pasożytnicze	502

Rys. 19. Tabela przestawna dla kostki „rejestracja pacjentów”

Źródło: Opracowanie własne.

Wykres problemu jest następujący:

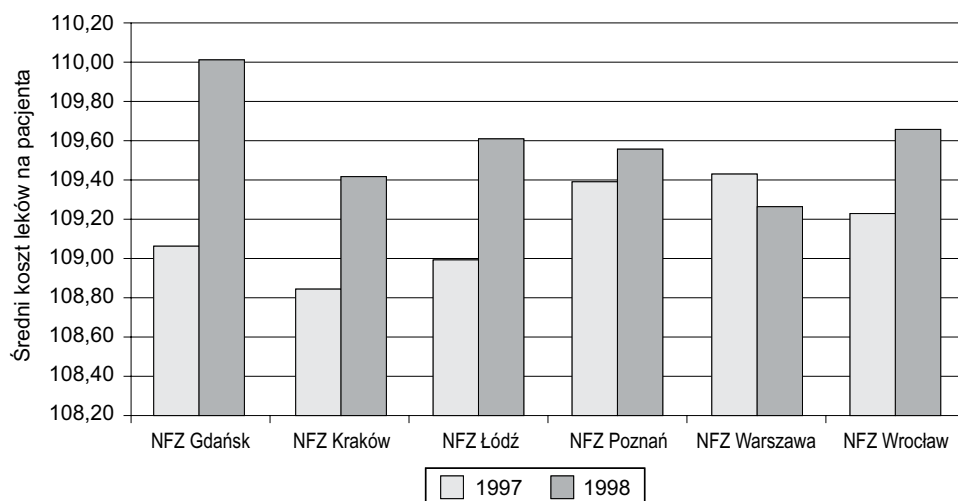


Rys. 20. Wykres przestawny rozkładu pacjentów ze względu na choroby

1 – bakteryjne, wirusowe i inne czynniki zakaźne, 2 – choroby pierwotniakowe, 3 – choroby wirusowe, 4 – choroby zakaźne przewodu pokarmowego, 5 – gorączki wirusowe, 6 – gruźlica, 7 – grzybice, 8 – inne choroby bakteryjne, 9 – inne choroby wywołane przez *Chlamydie*, 10 – inne choroby wywołane przez krętki *Spirochetaceae*, 11 – następstwa chorób zakaźnych i pasożytniczych, 12 – niektóre bakteryjne choroby odzwierzęce, 13 – rikietsjozy, 14 – robaczycy, 15 – wirusowe zakażenia ośrodkowego układu nerwowego, 16 – wirusowe zapalenie wątroby, 17 – wszawica, akarioza i inne inwazje pasożytnicze

Źródło: Opracowanie własne.

Ostatnim stworzonym przez nas źródłem danych będzie kostka „zarządzanie”. Pytanie, na które będziemy starali się odpowiedzieć, brzmi: Jaki jest średni koszt leków na pacjenta w poszczególnych oddziałach NFZ w podziale na lata? (zob. rys. 21).



Rys. 21. Wykres przestawny średniego kosztu leków na pacjenta w poszczególnych oddziałach NFZ w podziale na lata

Źródło: Opracowanie własne.

Przedstawione wykresy problemów, pojawiających się w służbie ochrony zdrowia, umożliwiają dotarcie do źródeł ich powstania i uwzględnienie wyników w procesie planowania i kontroli.

6. Zakończenie

Informacje uzyskane poprzez analizę kosztów z wykorzystaniem wykresów potwierdzają użyteczność narzędzi OLAP na każdym poziomie zarządzania. Lekarz, korzystając z kostki, ma możliwość analizy zachorowalności pacjentów. Może uzyskać analizę rozkładu wybranej choroby w społeczeństwie pod względem takich cech, jak płeć lub wiek. Kostka „zarządzanie” umożliwia kontrolę kosztów w jednostkach systemu ochrony zdrowia. Kontrola rozkładu kosztów w wyznaczonym czasie dla poszczególnych lekarzy oraz w określonej jednostce umożliwia lepszą redystrybucję środków w trakcie planowania budżetu. Zarządzający może wykryć nadużycia finansowe w jednostkach zdrowia. Kostka do rejestracji pacjentów pozwala analizować rozkład kosztów w danym oddziale, a kostka dla nadzoru umożliwia sprawdzenie rozkładu kosztów dla wybranych lekarzy z danych specjalności. Powstanie tej kostki zostało zainspirowane ujawnieniem ostatnio nadużyć wśród lekarzy przy przepisywaniu recept refundowanych z NFZ. Użytkownik tej kostki, dzięki możliwości porównania w określonym czasie kosztów przepisywanych recept, jest w stanie wykryć o wiele wcześniej wykroczenie.

Wykresy utworzone przez Microsoft Excel okazały się wystarczające do przeprowadzenia analiz. Jest to istotny czynnik, ponieważ pozwala znacznie ograniczyć nakłady związane z wdrożeniem narzędzi OLAP. Intuicyjna obsługa kostek OLAP oraz generowania wykresów pozwalają zmniejszyć koszty związane ze szkoleniem personelu w dziedzinie obsługi narzędzi *Business Intelligence*.

Instytucje systemu ochrony zdrowia będą zmuszone zabiegać o pacjentów, tak jak przedsiębiorstwa handlowe zabiegają o klientów. Przedstawiony przykład wykorzystania hurtowni danych dla klienta systemu ochrony zdrowia w USA pokazuje potrzebę wprowadzenia podobnych rozwiązań w Polsce. Zaostrzenie konkurencji na rynku świadczeń zdrowotnych wymaga nowego podejścia do pacjenta, który coraz częściej będzie wybierał szpital i lekarza, u którego chce się leczyć.

Dobrym przykładem dla Polski może być Słowenia, w której uruchomiono centralną hurtownię danych gromadzącą dane z najniższego poziomu systemu ochrony zdrowia.

Literatura

- Sueli Almeida M., Ishikawa M., Reinschmidt J., Rober T., 1999: *Getting started with Data Warehouse and Business Intelligence*, IBM.
- Berndt D.I., 2001: *Consumer decision support systems: A health care case study*, 34th Hawaii International Conference on System Sciences.
- Poe V., Klauer P., Brobst S., 2000: *Tworzenie hurtowni danych*. Warszawa: WNT.
- Ufford D. van, 2000: *Business Intelligence – The umbrella term*. <http://www.cs.vu.nl/stage/werkstuk-quarles.doc>.
- <http://www.intelligenterp.com/feature/2000/10/hashmiOct20.shtml>.
- <http://www.few.vu.nl/onderwijs/stage/werkstuk/werkstuk-quarles.doc>.

R o z d z i a ł 4

INFORMACJA MEDYCZNA JAKO NARZĘDZIE W RATOWANIU ŻYCIA I ZDROWIA

Jolanta Kosmowska-Wojtal

Streszczenie: W niniejszym rozdziale został opisany przykładowy System Obsługi Informacji Medycznej, którego zadaniem jest przechowywanie, przetwarzanie i udostępnianie wszelkich informacji medycznych o pacjencie (np. o przebytych chorobach, przepisanych lekach, przebiegu wizyt lekarskich itp.) niezbędnych do prawidłowego postawienia diagnozy i/lub przeprowadzenia innych czynności medycznych związanych z ratowaniem zdrowia lub życia. Proponowany system przewiduje wykorzystanie możliwości elektronicznych nośników danych (np. karty elektroniczne, Pen-Drive'y), jak również pozwala na przechowywanie (archiwizowanie) wszystkich informacji na kilku/kilkunastu serwerach zlokalizowanych w najbardziej strategicznych miejscach kraju. Dostęp do danych zawartych na nośnikach elektronicznych umożliwia łatwiejszą kontrolę oraz wykorzystanie danych medycznych pacjenta przez podmioty do tego uprawnione: lekarzy, farmaceutów lub innych pracowników służby zdrowia.

Słowa kluczowe: System Obsługi Informacji Medycznej, elektroniczne nośniki danych, ratowanie zdrowia i życia

Abstract: This chapter presents an example of Medical Information Support System for storing, processing and providing access to all medical information about a patient (past diseases, prescribed drugs, medical consultations) required for establishing a correct diagnosis and/or carrying out other life- or health-saving medical procedures. The proposed system is planned to employ the capabilities of electronic storage mediums (such as smart cards, PenDrives) and allows storing (archiving) all the information on several servers in the most strategic locations in the country. The access to the data stored on electronic mediums allows easier control over and use of patient's medical data by entitled entities: physicians, pharmacists and other people employed in health services.

Keywords: Medical Information Support System, electronic storage mediums, life- or health-saving

1. Wstęp

Informatyka oraz jej pochodne wykorzystywane są w medycynie od dawna. Urządzenia analityczne, przyspieszające wykonanie badań, już wielokrotnie pozwoliły uratować zdrowie lub życie chorych, dla których każda sekunda oczekiwania była niezwykle cenna.

W czasach, gdy konstruowane są roboty-chirurdzy, nie można już wyobrazić sobie medycyny, która nie byłaby wspierana nowoczesną technologią.

2. System START

W 1999 roku w Śląskiej Kasie Chorych (obecnie: Śląski Oddział Narodowego Funduszu Zdrowia) rozpoczęto proces wdrażania systemu elektronicznego START. System ten został opracowany jako elektroniczna wersja rejestru usług medycznych. Podstawowym zadaniem systemu START jest elektroniczne rejestrowanie i rozliczanie usług świadczonych w zakresie leczenia stacjonarnego, ambulatoryjnego oraz leków refundowanych. Dokumentem identyfikującym pacjenta w systemie jest karta elektroniczna (karta chipowa) służąca do jednoznacznego potwierdzania prawa do otrzymania świadczeń medycznych już na etapie rejestracji usługi u świadczeniodawcy.

Karta chipowa stanowi jednocześnie źródło informacji o ubezpieczonym. Wykorzystywana jest również w procesie generowania dokumentów potwierdzających wykonanie usługi medycznej.

Założenie sprawnie działającego systemu miało zapewnić możliwość udostępniania usługobiorcy (pacjentowi) informacji na temat pełnego rejestru usług medycznych wykonanych na jego rzecz (Computerland 2006).

Wprowadzenie karty miało m.in. usprawnić proces rozliczania się placówek medycznych ze Śląską Kasą Chorych (obecnie NFZ). Karty, na których jest umieszczony numer PESEL, są wczytywane do systemu w czasie każdej wizyty lekarskiej lub hospitalizacji. Z założenia świadczeniodawcy, regularnie, przez Internet, przesyłają funduszowi sprawozdania.

System START od kilku lat nie był modyfikowany. Pomimo tego uważam, iż idea jego powstania i funkcjonowania jest jak najbardziej właściwa.

3. Elektroniczne nośniki danych

Karta elektroniczna

Karta elektroniczna stanowi uniwersalny nośnik danych. Ma postać plastikowej karty z umieszczonym na niej (lub w jej wnętrzu) jednym lub kilkoma układami scalonymi. Karty elektroniczne mają rozmiar i wygląd zbliżony do tradycyjnych kart kredytowych z paskiem magnetycznym i odczytywane są za pomocą specjalnych czytników (Wikipedia 2007).



Rys. 1. Karta elektroniczna

W życiu codziennym karty elektroniczne służą najczęściej jako karty kontroli dostępu do pomieszczeń, identyfikatory (np. legitymacja elektroniczna) lub karty płatnicze.

Sercem każdej karty elektronicznej jest mikroprocesor. Zapewnia on kontrolę odczytu i zapisu danych umieszczonych w pamięci. Mikroprocesor ma możliwość kontrolowania nieudanych prób logowania. Karta elektroniczna zaopatrzona jest w dwa rodzaje pamięci: pamięć EEPROM (pamięć do ponownego zapisu) oraz pamięć stałą ROM (Wikipedia 2007).

Karta elektroniczna jest niewielka. Swymi wymiarami przypomina obecne dokumenty, takie jak dowód osobisty, prawo jazdy czy karty kredytowe. Z tego też względu każdy jej posiadacz nie ma najmniejszego problemu z jej schowaniem i stałym noszeniem przy sobie.

Pojemność pamięci karty jest wystarczająco duża, aby pomieścić na niej wiele informacji. Dostępne są karty o pojemności EEPROM 64 kbit (co daje 8 kB danych). Można to porównać z plikiem tekstowym zawierającym ok. 8 200 znaków. Jeśli przyjmiemy, że w jednej linii znajduje się średnio 100 znaków, możemy mówić o 82 liniach, czyli o 82 oddzielnych, rozbudowanych informacjach.

PenDrive

Oprócz kart elektronicznych nośnikiem danych o znacznie większej pojemności są pamięci *flash*, znane również pod nazwą PenDrive. PenDrive ma pamięć o bardzo dużej pojemności. Spotykane są już urządzenia o pojemności

4 GB. PenDrive przystosowany jest do łączenia się z komputerem przez złącze USB (dlatego wielokrotnie nazywany jest kluczem USB). Tak duża pojemność pamięci nie wymaga wcale urządzenia o znacznych rozmiarach. W tej chwili dostępne są PenDrive'y o rozmiarach breloczka do kluczy: $40,2 \times 19,3 \times 9,6$ mm.



Rys. 2. PenDrive przypominający swym wyglądem i wymiarami breloczek do kluczy

Pojemność pamięci USB z całą pewnością jest zadowalająca pod względem możliwości przechowywania dużych ilości informacji. PenDrive o pojemności 4 GB potrafi przechować taką ilość danych co 524 288 kart elektronicznych o pojemności EEPROM 64 kbit.

Pamięci USB są zadowalające pod względem pojemności, lecz nie do końca można tak powiedzieć o ich wymiarach.

Pamięci SD

Mniejsze wymiary mają pamięci typu SD (Secure Digital).



Rys. 3. Pamięć SD o pojemności 1GB

Pamięci SD mają wygląd małych kart wykonanych z plastiku. Ich standardowe wymiary to $32 \times 24 \times 1,2$ mm. Wykorzystywane są jako dodatkowe pamięci w aparatach cyfrowych, odtwarzaczach MP3, urządzeniach PDA czy telefonach komórkowych.

Pamięci mSD

Producenci urządzeń magazynujących przez miniaturyzację swoich produktów poszli jeszcze dalej. Na rynku dostępne są karty mSD (mini Secure Digital), które pojemnością nie ustępują kartom SD. Tak naprawdę różnią się od nich jedynie wymiarami: $20 \times 21,5 \times 1,4$ mm.

Rys. 4. Karta mSD wraz z adapterem



4. Urządzenie magazynujące dane jako narzędzie wspomagające ratowanie zdrowia lub życia

Karty elektroniczne (karty chipowe), wykorzystywane przez system START, służą przede wszystkim do rozliczania się z NFZ. Nie musi być to jednak ich jedyne zastosowanie. Urządzenie pozwalające na magazynowanie danych (karta elektroniczna, klucz USB, karty SD, karty mSD) może być również wykorzystywane do ratowania ludzkiego zdrowia lub życia.

Nie mówię tu jedynie o samym urządzeniu, ale o jego najważniejszym elemencie – pamięci, w której można przechowywać wiele naprawdę istotnych, z medycznego punktu widzenia, informacji.

Zaprezentowane powyżej urządzenia to tylko fragment tego, co obecnie jest wykorzystywane do przechowywania i przenoszenia danych.

W dobie szybko rozwijającej się miniaturyzacji nietrudno wyobrazić sobie stworzenie urządzenia o jeszcze mniejszych rozmiarach lub takiego, które przy zachowaniu swojej pojemności i innych istotnych właściwości przypominałoby fragment bransolety lub innego przedmiotu powszechnego użytku, z którym właściciel nigdy się nie rozstaje. Takie rozwiązanie eliminowałoby konieczność pamiętania o karcie, PenDrive'ie lub innym nośniku pamięci.

W jaki sposób urządzenie magazynujące dane może wpłynąć na ratowanie ludzkiego zdrowia lub życia? Odpowiedź jest bardzo prosta – dzięki zapisanym na tym nośniku informacjom. Rozpatrzmy kilka scenariuszy:

Scenariusz 1

Do lekarza zgłasza się pacjent ze swoimi dolegliwościami. Lekarz po przeprowadzeniu wywiadu i zbadaniu pacjenta zapisuje mu leki. Pacjent leki wykupuje w aptece i... udaje się do drugiego lekarza o tej samej specjalizacji, skarżąc się na dokładnie te same dolegliwości. W tym miejscu scenariusz się

powtarza. Pacjent po dwóch lub trzech takich wizytach u lekarzy oraz w aptecę wraca do domu z całkiem sporym zestawem leków i samodzielnie podejmuje decyzję, które specyfiki przyjmować, a których nie – według własnego uznania.

I tu pojawia się naprawdę znaczący problem. Lekarz, wystawiając receptę, nie przypuszcza, iż zamiarem pacjenta nie jest 100% stosowanie się do zaleceń lekarskich. Przepisywane przez jednego lekarza specyfiki, zgodnie z posiadaną przez niego wiedzą medyczną, powinny być wystarczające do przeprowadzenia kompleksowej kuracji. Nie da się niestety przewidzieć co się stanie, jeśli pacjent na własną rękę będzie dobierał sobie leki przepisane przez kilku specjalistów w danej dziedzinie, którzy nic nie wiedzieli o receptach wystawionych przez swoich poprzedników.

Pacjent, według własnego przeświadczenia, wykazał się dużą przebiegłością i dbałością o własne zdrowie: skonsultował się z kilkoma specjalistami i otrzymał od nich porady. Uważa więc, że dzięki swojej operatywności wykupił leki, z których teraz wybierze te najlepsze (najdroższe lub takie, na temat których usłyszał pochlebne informacje od swoich znajomych).

Pacjenci tak naprawdę nie zdają sobie sprawy, iż leki, oprócz swoich właściwości leczniczych, mogą wywołać mniej lub bardziej groźne skutki uboczne związane z nieprzestrzeganiem częstotliwości ich przyjmowania, wielkości dawek lub ich stosowaniem z innymi lekami.

Specjalista wystawiający receptę na środki lecznicze tak dobiera ich rodzaj, ilość i dawkę, aby żadne z przepisanych leków nie wchodziły między sobą w reakcję i nie wywołały, groźnych czasami, skutków ubocznych.

Przy podejściu „sprytnego” pacjenta nigdy nie da się przewidzieć skutków, jakie może dać ta tzw. kuracja stanowiąca „złożenie” leków przepisanych przez różnych lekarzy.

Można teraz się zastanowić, dlaczego ten ostatni ze specjalistów nie przeprowadził dokładnego wywiadu medycznego i nie wypytał pacjenta o inne przyjmowane leki? Otóż wypytał. Pacjent jednak nie udzielił dokładnej odpowiedzi (nie pamiętał, jakie leki przyjmuje lub zataił te informacje).

Scenariusz 2

Do szpitala trafia kobieta. Jest nieprzytomna. Nie ma możliwości na skontaktowanie się z jej bliskimi lub też jej rodzina lub znajomi nie wiedzą lub nie pamiętają, jakich leków kobieta ta używa lub na jakie cierpi alergie.

W takiej sytuacji lekarz nie jest w stanie uzyskać dokładnych informacji na temat chorób, na jakie cierpi pacjentka, lub na temat przebytych zabiegów i operacji – w przypadku, gdy takie informacje są niezbędne do podjęcia prawidłowej decyzji co do sposobu leczenia.

Scenariusz 3

Do małego dziecka wezwano pogotowie. Wezwania dokonała opiekunka zajmująca się malcem od niespełna tygodnia. Po przyjeździe na miejsce lekarz stwierdza, że skontaktowanie się z rodzicami dziecka jest niemożliwe, a niania

nie potrafi nic powiedzieć o alergiach malca czy o jego ostatnich dolegliwościach zdrowotnych.

Scenariusz 4

Pogotowie zostało wezwane do starszej, schorowanej kobiety. Pacjentka ma znaczne kłopoty z pamięcią. Nie ma bliskiej rodziny, która by się nią opiekowała, a jedynie korzysta z usług opiekunki społecznej. Również w tej sytuacji lekarz pogotowia, który przyjechał na wezwanie, nie jest w stanie zebrać wszystkich potrzebnych mu informacji, niezbędnych do podjęcia przez niego działań medycznych.

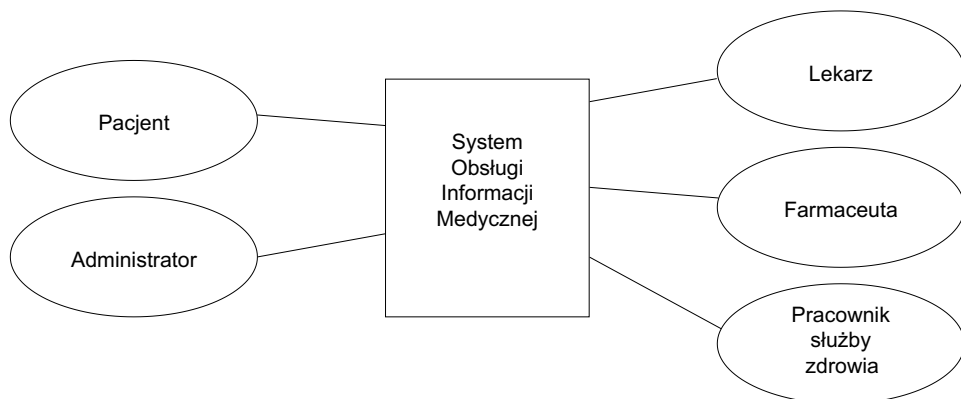
Problemów z uzyskaniem od pacjenta niezbędnych w czasie wizyty informacji można uniknąć. Wymagane jest jedynie narzędzie, które będzie „pamiętało” takie informacje.

5. System Obsługi Informacji Medycznej

Proponowany System Obsługi Informacji Medycznej (SOIM) opiera się na dostępnych obecnie technologiach i urządzeniach. Podstawowe role przewidziane w Systemie odgrywają: **pacjent**, **lekarz**, **farmaceuta**, **administrator** Systemu oraz **pracownik** służby zdrowia, który – z uwagi na swój zakres obowiązków – korzysta z niego.

Pacjent wysyła zapytania do SOIM i otrzymuje w formie odpowiedzi konkretne informacje dotyczące odbytych przez niego wizyt lekarskich, przepisanych leków, wyników badań laboratoryjnych czy zaleceń lekarskich. Nie ma on prawa do jakiegokolwiek ingerencji w informacje zapisywane na nośniku danych. Jego rola ogranicza się jedynie do odczytywania i kontrolowania poprawności informacji zapisanych na, znajdującym się w jego posiadaniu, urządzeniu magazynującym dane.

Lekarz odpytuje SOIM w zakresie informacji medycznej niezbędnej mu do zdiagnozowania stanu **pacjenta** oraz podjęcia właściwej decyzji związanej z dalszym leczeniem. Lekarz wprowadza również do SOIM – zapisując w urządzeniu magazynującym dane – informacje dotyczące przebiegu wizyty, zleconych badań lub wizyt u specjalisty, przepisanych leków, wskazanych zaleceń, stwierdzonych po raz pierwszy alergii itp. Jego rola ogranicza się do wprowadzania nowych danych do SOIM bez możliwości ich późniejszego usunięcia. Wprowadzanie wszelkich „zmian” polega na wprowadzeniu nowej informacji wraz z datą modyfikacji oraz uwagą, jaka informacja przechowywana w urządzeniu magazynującym, zostaje zastąpiona wskazanym wpisem.



Rys. 5. System Obsługi Informacji Medycznej

Źródło: Opracowanie własne.

Farmaceuta odpytuje SOIM w zakresie informacji dotyczących przepisanych i niewykupionych leków oraz wprowadza do Systemu dane dotyczące daty oraz liczby wykupionych medykamentów jak również informacji dotyczących podmioty przepisanej przez lekarza medykamentu na inny – adekwatny.

Administrator posiada pełne uprawnienia zapisu i odczytu informacji przechowywanych w SOIM. Jego rola związana jest przede wszystkim z rozwiązywaniem problemów wynikłych w czasie pracy Systemu. Każda modyfikacja danych wykonana przez **administratora** musi być w odpowiedni sposób oznaczona (data modyfikacji, kod **administratora** dokonującego modyfikacji, wyjaśnienie powodu jego ingerencji w przechowywane w SOIM dane).

Rola **pracownika** służby zdrowia obejmuje pozostałe osoby (np. rehabilitantów, pracowników rejestracji przychodni lub szpitala itp.), które z uwagi na swe funkcje powinny posiadać uprawnienia do odczytywania i/lub modyfikowania informacji zapisanych w pamięci, należących do **pacjenta**, nośnika magazynującego dane.

Pacjent

Pacjent w czasie każdorazowej wizyty u specjalisty zgłasza się z urządzeniem magazynującym dane (proponowane rozwiązanie to karty mSD obudowane w bardziej przystępny sposób, np. w postaci bransolety, z którą pacjent by się nie rozstawał).

W pamięci urządzenia magazynującego przechowywane są następujące dane:

- podstawowe informacje o pacjencie: imię, nazwisko, data urodzenia, PESEL, miejsce zamieszkania, telefon kontaktowy oraz informacja o osobach, które należy powiadomić w razie wypadku;
- informacje o wykrytych alergiach i ich stopniu;

- informacje o wykrytych schorzeniach i stopniu ich zaawansowania;
- informacje o przebiegu każdej wizyty lekarskiej (**lekarz** pierwszego kontaktu lub specjalista):
 - podstawowe informacje dotyczące wizyty: identyfikator **lekarza**, identyfikator zakładu opieki zdrowotnej, data wizyty, rodzaj świadczonych usług (np.: wizyta u lekarza pierwszego kontaktu, wizyta u specjalisty itp.),
 - informacje o ważniejszych dolegliwościach zgłaszanych przez **pacjenta** w czasie wizyty,
 - informacje o lekach przepisanych w czasie wskazanej wizyty lekarskiej: nazwa leku, dawka, ilość przepisanych jednostek, częstotliwość zażywania, informacja o możliwości zamiany leku przez **farmaceutę** na adekwatny,
 - informacje o zleconych badaniach,
 - informacje o zaleconych wizytach u specjalisty wraz z treścią skierowania,
 - najistotniejsze zalecenia lekarskie,
- informacje o przebiegu najistotniejszych usług ambulatoryjnych;
- informacje o przeprowadzonych badaniach i ich wynikach;
- informacje o pobytach w szpitalu: identyfikator jednostki, w której odbyła się hospitalizacja, identyfikator lekarza przyjmującego na oddział/**lekarza** prowadzącego, data przyjęcia, data wypisania, zalecone leki (nazwa, dawka, częstotliwość przyjmowania), zalecone i wykonane zabiegi i operacje (wraz z istotnymi uwagami), zalecenia poszpitalne (leki, zabiegi, inne zalecenia lekarskie);
- inne informacje niezbędne do podjęcia właściwych decyzji na etapie ratowania zdrowia lub życia.

W celu wprowadzenia dodatkowego poziomu zabezpieczenia – oprócz włożenia urządzenia magazynującego dane do czytnika – **pacjent** wprowadza do systemu również swój osobisty identyfikator. Stanowi to zabezpieczenie przed wykorzystaniem urządzenia magazynującego dane należącego do innej osoby. Identyfikator **pacjenta** jest poufnym kodem znanym tylko i wyłącznie posiadaczowi urządzenia magazynującego dane. W razie konieczności może być on zmieniany przez administratora SOIM.

Lekarz

W każdym gabinecie lekarskim znajduje się komputer (lub inne adekwatne urządzenie) pozwalające na odczytywanie oraz edycję informacji zawartych na posiadanym przez **pacjenta** nośniku danych. Na początku każdej wizyty nośnik z informacjami **pacjenta** umieszczany jest w urządzeniu odczytującym.

W drugim urządzeniu odczytującym umieszczana jest karta elektroniczna z zapisanym na stałe i zabezpieczonym przed nieautoryzowaną modyfikacją kodem **lekarza**. Dbłość o bezpieczeństwo korzystania z osobistego identyfikatora **lekarza** pozwoli na lepsze kontrolowanie poprawności podjętych decyzji oraz daje pewność, iż zapisana w pamięci nośnika danych **pacjenta** wizyta naprawdę się odbyła oraz że usług udzielił określony specjalista.

W czasie wywiadu medycznego **lekarz** odpytuje system o najistotniejsze dla niego informacje – sprawdza wykryte u **pacjenta** schorzenia, alergie, aktualnie przyjmowane leki itp. **Lekarz** wprowadza do systemu dane dotyczące aktualnie trwającej wizyty (przepisane leki, zlecone badania, wystawione skierowania do specjalistów itp.).

W celu ułatwienia etapu wprowadzania informacji SOIM został wyposażony w podstawowe bazy danych związane z przepisaniem przez **lekarza** środkami farmaceutycznymi (baza leków i innych środków farmaceutycznych), badaniami (wykaz możliwych badań), skierowaniami (lista specjalizacji) itp. Bazy te – z uwagi na możliwość szybkiego dostępu – przechowywane są na lokalnym komputerze. Informacje do SOIM można wprowadzać również ręcznie – bez korzystania z zainstalowanych baz danych.

Wszelkie dokonane i potwierdzone przez **lekarza** wpisy zapisywane są automatycznie w pamięci należącego do **pacjenta** urządzenia magazynującego dane, jak również na twardym dysku komputera **lekarza**.

Farmaceuta

Dotychczas stosowany druk recepty zastąpiony zostaje elektroniczną informacją zapisaną w pamięci urządzenia magazynującego dane. Po wizycie u **lekarza pacjent** udaje się do apteki w celu wykupienia środków farmaceutycznych. Każda apteka jest wyposażona, podobnie jak gabinet lekarski, w urządzenie (komputer) pozwalające na odczytywanie i modyfikację danych zapisanych w pamięci urządzenia magazynującego dane należącego do **pacjenta**.

Farmaceuta umieszcza w czytniku urządzenie magazynujące dane pacjenta. W drugim urządzeniu odczytującym (lub bezpośrednio na dysku komputera) znajdują się zaszyte dane jednoznacznie identyfikujące aptekę i **farmaceutę** realizującego „receptę”. Ma on dostęp jedynie do tych informacji, które bezpośrednio związane są z wykonywanym przez niego zadaniem. Są to więc dane o przepisanych przez **lekarza** środkach farmaceutycznych wraz z informacjami o zniżkach i stanie realizacji pozycji „recepty”.

Farmaceuta jest również w stanie sprawdzić, czy dany lek, zgodnie z zaleceniami **lekarza**, może być wymieniony na inny, mający te same właściwości lecznicze. W przypadku dokonania takiej „zamiany” **farmaceuta** wprowadza do SOIM informacje o tym, jaki lek został faktycznie wydany **pacjentowi**. **Farmaceuta** modyfikuje informacje przechowywane w pamięci urządzenia magazynującego dane w zakresie wprowadzenia informacji o dokładnej dacie i godzinie wydania pacjentowi leku, ilości wydanego specyfiku, identyfikatora apteki i farmaceuty, który realizował „receptę”, jak również – w razie konieczności – informacje, czy i na jaki specyfik został zamieniony lek przepisany przez **lekarza**.

Wszelkie dokonane i potwierdzone przez **farmaceutę** wpisy zapisywane są automatycznie w pamięci należącego do **pacjenta** urządzenia magazynującego dane, jak również na twardym dysku komputera **farmaceuty**.

Pracownik służby zdrowia

Osobami uprawnionymi do odczytywania i modyfikacji informacji przechowywanych w pamięci urządzenia magazynującego dane, należącego do **pacjenta**, mogą być również inni **pracownicy** służby zdrowia.

Pracownicy rejestracji przychodni zdrowia są uprawnieni do zapisywania w pamięci urządzenia magazynującego dane informacji o kolejnych terminach wizyt u **lekarza**, posiadają też prawo do wprowadzania informacji dotyczących wyników ostatnich badań itp.

Rehabilitanci uprawnieni są do odczytywania informacji bezpośrednio dotyczących realizowanych przez siebie usług rehabilitacyjnych, jak również wprowadzania istotnych informacji z nimi związanych (np.: data wykonania zabiegu, zakres, zauważone efekty lub inne uwagi itp.).

Pracownicy pogotowia mają możliwość odczytywania wszelkich informacji niezbędnych w celu prawidłowej oceny stanu **pacjenta**. Wprowadzają też informacje dotyczące przeprowadzonej interwencji.

Poziom dostępu do danych oraz zakres ich modyfikacji związany jest bezpośrednio z zakresem obowiązków należących do konkretnej osoby obsługującej SOIM.

Administrator danych

Administrator danych sprawuje opiekę nad informacjami przechowywanymi na dyskach serwera. Odpowiedzialny jest za utrzymanie właściwego poziomu zabezpieczenia wskazanych informacji, zapewnienie spójności danych oraz stabilnej pracy SOIM. Ma on również uprawnienia pozwalające na odtworzenie informacji medycznych o **pacjencie** i wprowadzenie ich do pamięci urządzenia magazynującego dane. To działanie jest niezwykle istotne z uwagi na możliwość wystąpienia nieodwracalnego uszkodzenia urządzenia magazynującego dane, a co za tym idzie – utraty wszelkich informacji.

Zapewnienie **pacjentowi** szybkiej możliwości odtworzenia należących do niego informacji medycznych jest jednym z najistotniejszych założeń SOIM.

6. Struktura sprzętowo-programowa systemu

Informacje w systemie przechowywane są jednocześnie w kilku miejscach.

Podstawowym urządzeniem przechowującym informacje medyczne o **pacjencie** jest urządzenie magazynujące dane będące jego własnością. Wskazane urządzenie przechowuje informacje medyczne dotyczące konkretnego **pacjenta**, do którego urządzenie zostało przypisane.

Przy każdorazowej wizycie u **lekarza (farmaceuty)** nowo wprowadzane lub modyfikowane informacje zapisywane są również na twardym dysku komputera **lekarza (farmaceuty)**.

Codziennie w godzinach nocnych (z uwagi na mniejsze obciążenie łącz) wskazane informacje przesyłane są w formie zaszyfrowanej do serwera przechowującego dane medyczne **pacjentów** z danego okręgu. Po zakończeniu transmisji wskazane dane są automatycznie usuwane z dysku twardego komputera **lekarza (farmaceuty)**.

Wszystkie serwery, stanowiące strukturę sprzętową systemu, mają prawo komunikowania się między sobą w zakresie przesyłania informacji medycznych o **pacjencie** (odpytywanie bazy danych).

Każdy **pacjent** „przypisany” jest w pewien wirtualny sposób do konkretnego okręgu. Oznacza to, iż wszelkie informacje medyczne dotyczące konkretnego **pacjenta** przechowywane są na dyskach jednego serwera. Może on korzystać z usług medycznych w innym okręgu. W tym przypadku zadaniem oprogramowania zainstalowanego na serwerze, na który trafiają informacje medyczne, jest sprawdzenie, czy pacjent, którego te informacje dotyczą, jest przypisany do aktualnego okręgu. W razie konieczności informacje medyczne przesyłane są do serwera obejmującego swą pracą okręg, do którego należy **pacjent**.

Silnik bazy danych, zainstalowany na serwerze i wykorzystany do obsługi systemu, musi być bardzo wydajny w zakresie obsługi dużej ilości informacji. System jest zaopatrzony w moduły obsługujące konkretny system zarządzający bazą danych w zakresie importu i eksportu danych do postaci plików XML o ustalonym formacie. Wspomniany moduł odpowiedzialny jest również za komunikowanie się między niekompatybilnymi systemami zarządzającymi bazą danych zainstalowanymi na serwerach. Takie rozwiązanie zapewnia pewną dozę dowolności w procesie wyboru platformy serwerowej oraz silnika bazy danych.

Analogiczne warunki dotyczą również baz danych zainstalowanych na lokalnym komputerze **lekarza, farmaceuty** czy innego **pracownika** służby zdrowia.

7. Bezpieczeństwo

Informacje przechowywane w pamięci urządzenia magazynującego dane jak również czasowo przechowywane na dysku twardym komputera **lekarza (farmaceuty)** zapisywane są w formacie XML i dodatkowo szyfrowane, co zapewnia ich bezpieczeństwo. Format XML pozwala natomiast na ograniczenie pamięci potrzebnej do przechowywania informacji (pliki tekstowe są plikami najbardziej ekonomicznymi – zajmują najmniej miejsca ze wszystkich typów plików, zachowując jednocześnie łatwość ich edycji), łatwość importu i eksportu informacji do i z baz danych (większość liczących się systemów zarządzających bazami danych posiada zaimplementowany moduł importu/eksportu plików XML), jak również pozwala na szybsze przesyłanie informacji w sieci

pomiędzy komputerem **lekarza (farmaceuty)** a serwerem przechowującym informacje medyczne z danego okręgu.

Jakakolwiek modyfikacja danych w systemie musi zapewnić możliwość sprawdzenia, kto jej dokonał. Dlatego też oprócz zmian w informacji system zapisuje również dokładną datę i godzinę dokonania zmian oraz informacje o identyfikatorze osoby, która dokonała zmiany, jednostki medycznej (np. przychodnia, apteka, szpital, gabinet prywatny itp.), w której zmiany były dokonywane.

8. Podsumowanie

SOIM, zgodnie ze swoimi podstawowymi założeniami, ma przechowywać, przetwarzać i udostępniać w przystępnej formie wszelkie informacje medyczne niezbędne do prawidłowego postawienia diagnozy i/lub przeprowadzenia innych czynności medycznych związanych z ratowaniem zdrowia lub życia.

Zaproponowane rozwiązania można dowolnie kształtować, zachowując jednocześnie odpowiednie narzędzia zapewniające kompatybilność wszystkich danych oraz możliwość ich odczytu i modyfikacji na dowolnym urządzeniu wchodzącym w skład struktury sprzętowej SOIM.

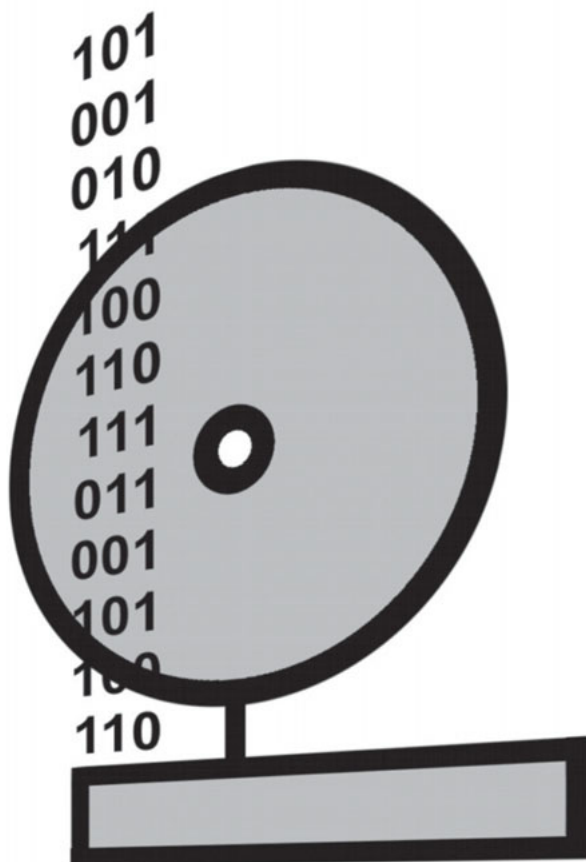
Literatura

www.computerland.pl.

<http://www.pulsmedycyny.com.pl/index/archiwum/5417,powrót,śląskiego,modelu.html>.

http://pl.wikipedia.org/wiki/Smart_Card.

Część II



WSPOMAGANIE
DIAGNOSTYKI MEDYCZNEJ

R o z d z i a ł 1

KORZYSTANIE Z INTERNETU MEDYCZNEGO PRZEZ MIESZKAŃCÓW POLSKI W 2005 ROKU – BADANIE SONDAŻOWE*

Andrzej Staniszewski, Maria Magdalena Bujnowska-Fedak,
Andrzej Steciwko

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki ogólnopolskiego badania sondażowego, przeprowadzonego w listopadzie 2005 roku na losowej, reprezentatywnej próbie 1 027 mieszkańców Polski w wieku 15–80 lat. Jego celem było określenie, w jakim stopniu Polacy korzystają z Internetu medycznego oraz technologii komunikacyjnych stosowanych w ochronie zdrowia, jaki jest ich stosunek do e-zdrowia, a także jakie są potrzeby obywateli w zakresie e-zdrowia. Z Internetu korzysta 47% Polaków, co piąty z nich – codziennie, prawie 2/3 – w domu, a 40% – w szkole lub miejscu pracy. Około 62% badanych zna sieć WWW jako źródło informacji o zdrowiu, chorobach lub problemach zdrowotnych, dla 40% respondentów jest to ważne i bardzo ważne źródło takich informacji. Ponad 1/3 Polaków korzysta z Internetu medycznego, prawie 50% – częściej niż raz w miesiącu. W świetle tych danych informatyka medyczna i e-zdrowie w Polsce mają szansę dalszego rozwoju.

Słowa kluczowe: internet medyczny, badania sondażowe, mieszkańcy Polski

Abstract: In the chapter we present the results of a national survey research conducted in November 2005 on a representative random sample of 1 027 residents of Poland aged between 15 and

* Badanie to jest częścią międzynarodowego projektu *e-Health Trends* („WHO/European survey on e-Health consumer trends”), współfinansowanego przez Komisję Europejską w ramach programu „Community action programme for public health 2003–2008”. W projekcie, którego koordynatorem jest Norweskie Centrum Telemedycyny (NST) w Tromsø, uczestniczy łącznie 7 krajów europejskich, a ze strony polskiej w skład konsorcjum realizującego projekt wchodzi Akademia Medyczna we Wrocławiu.

80 years. The aim of this project was to determine the extent to which Poles use the medical Internet and communication technologies in health care, what are their attitudes to e-health and what are their needs regarding e-health. The survey found that 47% of Poles use the Internet, every fifth of them – on the everyday basis, almost 2/3 at home and 40% at school or at work. About 62% of respondents recognise the World Wide Web as a source of information on health, illnesses or health problems, and for 40% of respondents it is an important or very important source of such information. More than 1/3 of Poles use the medical Internet; nearly 50% do it at least once a month. Taking into account this data, it can be concluded that medical informatics and e-health in Poland have a chance of further development.

Keywords: medical internet, survey research, residents of Poland

1. Wprowadzenie

W Polsce z roku na rok wyraźnie przybywa użytkowników komputerów i osób, które mają dostęp do Internetu nie tylko za pośrednictwem modemu telefonicznego, ale również korzystają ze stałego łącza. Zwiększają się przy tym kompetencje i umiejętności informatyczne Polaków. Systematycznie rośnie również liczba osób komunikujących się za pośrednictwem sieci oraz poszukujących w niej różnorodnych, często specjalistycznych informacji (ZBIG 2005; B o - r e c z n a 2006; Internet World Stats 2006).

W listopadzie 2005 roku zostało przeprowadzone ogólnopolskie badanie sondażowe, którego celem było określenie, w jakim stopniu Polacy korzystają z Internetu medycznego oraz technologii komunikacyjnych stosowanych w ochronie zdrowia, a także jakie są potrzeby obywateli w zakresie e-zdrowia. Badanie to jest częścią międzynarodowego projektu *e-Health Trends* („WHO/ European survey on e-Health consumer trends”), współfinansowanego przez Komisję Europejską w ramach programu „Community action programme for public health 2003–2008”. W projekcie, którego koordynatorem jest Norweskie Centrum Telemedycyny (NST) w Tromsø, uczestniczy łącznie 7 krajów europejskich, a ze strony polskiej w skład konsorcjum realizującego projekt wchodzi Akademia Medyczna we Wrocławiu (EC 2005).

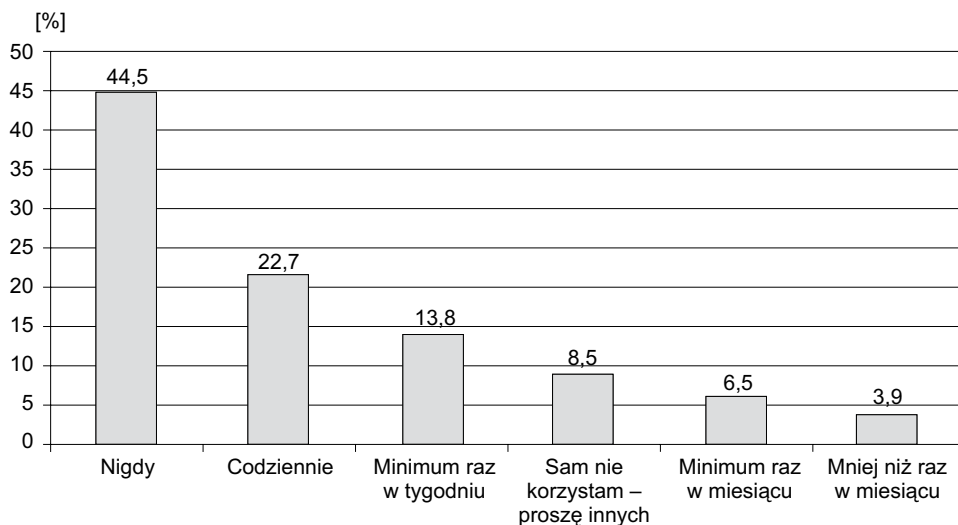
2. Materiał i metody

Badanie przeprowadziło Centrum Badania Opinii Społecznej (CBOS) na losowej, reprezentatywnej próbie 1 027 mieszkańców Polski w wieku 15–80 lat (średnia 42,8). Był to wywiad telefoniczny na podstawie kwestionariusza przy-

gotowanego specjalnie na potrzeby projektu i zawierającego 24 pytania. Za „konsumentów opieki zdrowotnej” uważa się tu pacjentów, ich przyjaciół i krewnych oraz ogół społeczeństwa. Wyniki opracowano, wykorzystując do analizy danych pakiet statystyczny *SPSS dla Windows*.

3. Wyniki

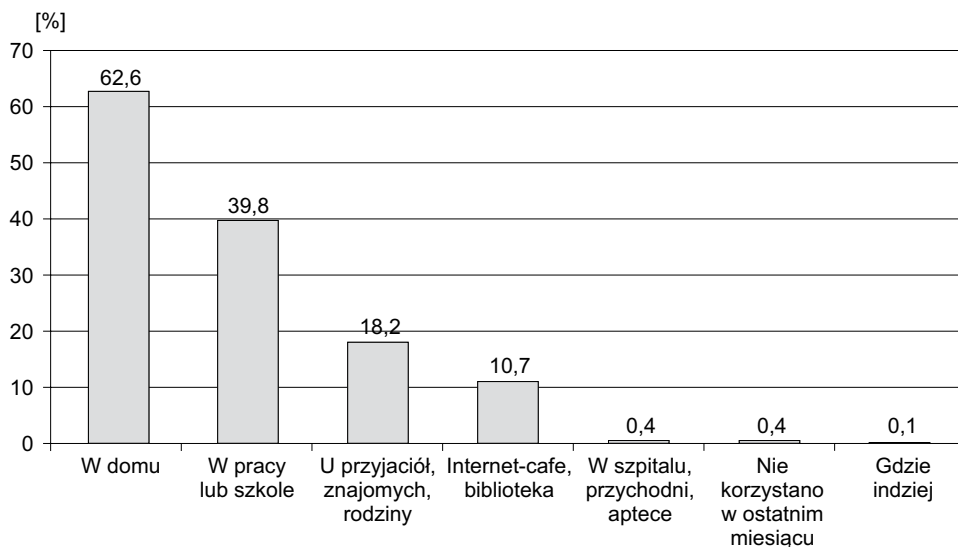
W badanej grupie było 52,1% kobiet i 47,9% mężczyzn. Spośród 1 027 ankietowanych aż 483 osoby (47%) podały, że korzystają z Internetu, w tym: codziennie – 22,7%, przynajmniej raz w tygodniu – 13,8%, raz w miesiącu – 6,5%, a jeszcze rzadziej – 3,9% (rys. 1). Większość (62,6%) robiła to w domu, prawie 40% – w pracy lub szkole, natomiast 18% – u rodziny lub znajomych, a 11% – w kawiarence internetowej, bibliotece lub innych miejscach z publicznym dostępem do Internetu (rys. 2).



Rys. 1. Częstość korzystania z Internetu przez mieszkańców Polski (listopad 2005)

Najczęściej występujące cechy respondenta to: wiek 41–50 lat (18% ankietowanych), wykształcenie średnie (30,9%), brak dzieci (66,6%), zamieszkiwanie na wsi (40%), wykonywanie płatnej pracy (34%).

Spośród różnych, znanych sobie źródeł informacji na temat zdrowia, chorób lub problemów zdrowotnych blisko 62% ankietowanych wymieniło Internet. Dla ponad 40% respondentów był on ważnym (19,1%) i bardzo ważnym (21%) źródłem takich informacji, jednak aż dla 34% ogółu badanych nie miał on zna-



Rys. 2. Miejsce korzystania z Internetu przez mieszkańców Polski (listopad 2005)

czenia. Poza Internetem najczęściej ankietowanych wymieniało jako bardzo ważne źródło informacji: bezpośredni, osobisty kontakt z fachowymi pracownikami medycznymi (64,3%), rodzinę, przyjaciół i znajomych (48,7%), TV/radio (37,5%) oraz książki, encyklopedie zdrowia i broszury (37,5%), a także apteki (33,7%). Natomiast za ważne źródło informacji respondenci uważali najczęściej: gazety i czasopisma (36,1%) oraz kursy i wykłady/prelekcje (21,7%).

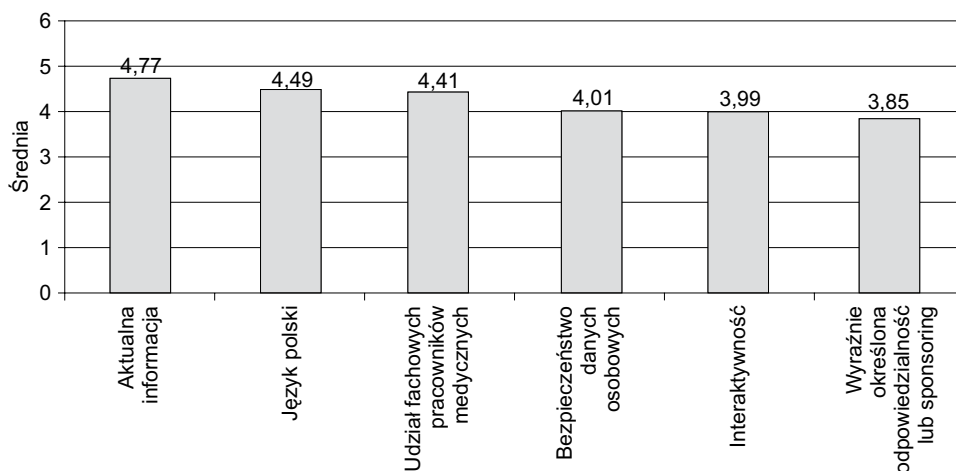
Prawie 80% użytkowników Internetu (383/483, tj. 79,3%) poszukiwało w nim informacji na temat zdrowia, chorób lub problemów zdrowotnych. Raz lub więcej razy w miesiącu robiło to 30,3% internautów, przynajmniej raz w roku – 18,2%, raz w tygodniu – 10,8%, raz w ciągu półrocza – 9,8%, mniej niż raz w roku – 8,5%, natomiast 1,8% – codziennie. Najczęstszym sposobem korzystania z Internetu medycznego było czytanie wyszukanych i wybranych informacji (przynajmniej raz w miesiącu zrobiło to 50% internautów).

W grupie 87 badanych (8,5%), którzy korzystali z Internetu za pośrednictwem innych osób, prosząc je o wyszukanie potrzebnych informacji, aż 37,9% (33/87) szukało informacji na temat zdrowia, chorób lub problemów zdrowotnych.

Celem korzystania z Internetu medycznego było także szukanie informacji, które pomogłyby w podjęciu decyzji o potrzebie konsultacji z fachowym pracownikiem medycznym. Było tak w przypadku 72,9% internautów, przy czym zawsze lub często informacji tego rodzaju szukało 11,9%. Z kolei dla 66,2% badanych internautów potrzebne były informacje na temat zdrowia, chorób lub problemów zdrowotnych po wizycie u lekarza (np. w celu zasięgnięcia dodatkowej opinii); informacji takich zawsze lub często szukało 15,8%. Niewiele mniej

użytkowników Internetu (61,7%) szukało w nim informacji przed planowaną wizytą u lekarza, przy czym zawsze lub często robiło to 14,4%.

Polских internautów zapytano również, jakie elementy oceny są dla nich ważne, kiedy przeglądają strony internetowe, dotyczące zdrowia, chorób lub problemów zdrowotnych. Za najważniejsze cechy uznali oni: aktualność podawanych informacji (83,3% badanych), informację w języku polskim (72,4%), udział fachowych pracowników medycznych w tworzeniu takich informacji (63,7%), a także bezpieczeństwo danych osobowych użytkowników Internetu medycznego (53,1%). Odzwierciedlają to wyniki rankingu, w którym respondenci wskazywali, co jest dla nich najważniejsze w Internecie medycznym (w skali 1–5, przy czym „1” oznaczało nieważną, a „5” – ważną cechę) (rys. 3).

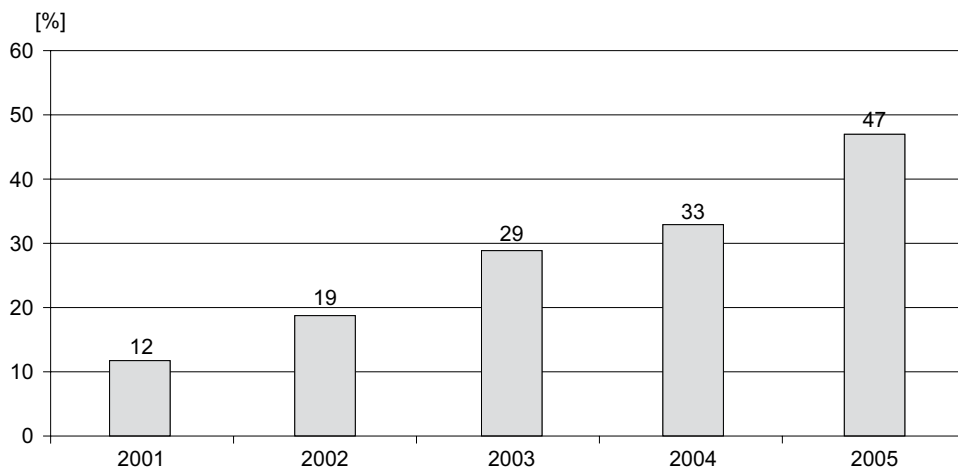


Rys. 3. Cechy Internetu medycznego w opinii Polaków (średnie noty w skali 1–5; „1” – nieważne, „5” – ważne) (listopad 2005)

4. Podsumowanie

Dostępne dane oraz wyniki przedstawionych badań wskazują, że częstość korzystania z Internetu przez mieszkańców Polski z roku na rok systematycznie się zwiększa (rys. 4). W latach 2001–2005 wzrost ten był prawie czterokrotny: z 12% (2001) do 47% (2005).

Według badań TNS OBOB, prowadzonych od 1998 roku w ramach sondaży „Interbus”, w ciągu 3 lat odsetek osób mających dostęp do sieci WWW wzrósł ponad trzykrotnie – z 5% do 17,4% (D o m a s z e w s k i 2001). W grudniu



Rys. 4. Wzrost częstości korzystania z Internetu w Polsce (2001–2005)

2003 roku już 29% badanych powyżej 15. roku życia deklaruowało możliwość dostępu do Internetu, a odsetek internautów, czyli osób korzystających z Internetu przynajmniej raz w miesiącu, wyniósł 23% (TNS OBOP 2004). Inne źródła, związane z przemysłem informatycznym (np. Computer Industry Almanac), mówią o niewielkim, bo obejmującym tylko 5% mieszkańców Polski, dostępie do Internetu w końcu 2000 roku, a korzystanie z sieci WWW pod koniec 2005 roku oceniają na 27,8% populacji (tj. 10,6 mln Polaków) (Internet World Stats 2006). Dla porównania: w 2002 roku w USA było ok. 175 mln użytkowników Internetu, a na całym świecie – 540 mln (The i s, B e a n 2002). Z kolei raport GUS, opublikowany w grudniu 2005 roku, podaje, że odsetek gospodarstw domowych w Polsce mających komputer osobisty zwiększył się z 36% w 2004 roku do 40% w 2005 roku, natomiast gospodarstw mających dostęp do Internetu – z 26% do 30% (ZBIG 2005). Jeszcze innych danych dostarcza badanie sondażowe Pew Global Attitudes Project, przeprowadzone na wiosnę 2005 roku na reprezentatywnej próbie 1 024 Polaków (Pew Research Center 2006). Według niego odsetek użytkowników komputerów wyniósł 46% (wzrost o 13% w stosunku do 2002 roku), a internautów – 38% (wzrost w analogicznym okresie o 18%). Wyniki własnych badań potwierdzają te dane, a nawet wskazują na większy odsetek korzystających z Internetu Polaków (47%).

Ogólnoeuropejskie badanie Eurostat, które w 2004 roku objęło ludność w wieku 16–74 lat, dostarcza bliższych danych na temat użytkowników Internetu, m.in. w Polsce (D e m u n t e r 2005). Większość z nich jest w młodym wieku – 16–24 l. (66%), ma wyższe wykształcenie (67%), studiuje lub uczy się (81%) oraz mieszka na obszarach gęsto zaludnionych (36%). Podobne dane uzyskano w badaniu przeprowadzonym w tym samym roku przez firmę Ipsos Polska (K r y n i c k i 2006). Według niego użytkownicy Internetu w Polsce to

częściej osoby młode, wykształcone, o wysokich dochodach, mieszkające w miastach. Wyniki naszych własnych badań znacząco różnią się od informacji uzyskanych w obu tych sondażach. W badaniu Eurostat miejsca korzystania z Internetu są podobne: dom (52%), praca (30%), szkoła (27%); więcej osób korzysta natomiast z sieci WWW w innych miejscach publicznych (29%), bibliotece lub kawiarence internetowej (22%).

Internet staje się w Polsce narzędziem używanym coraz powszechniej w środowisku medycznym. Badanie przeprowadzone na początku 2004 roku przez GfK Polonia na reprezentatywnej grupie lekarzy wykazało, że posługuje się nim ponad 3/4 lekarzy w kraju. Większość miała dostęp do sieci WWW w domu, duża część korzystała z niej w pracy – przeważnie codziennie lub kilka razy w tygodniu (Kulbaka 2004). O ile dość dużo wiadomo już o użytkownikach Internetu w Polsce, ich zwyczajach i preferencjach, to jednak dotychczas nie przeprowadzono kompleksowych badań nad wykorzystaniem Internetu medycznego przez mieszkańców Polski – „konsumentów opieki zdrowotnej”. Badanie nasze powinno choć częściowo wypełnić tę lukę, a także dostarczyć informacji na temat trendu potrzeb konsumenckich w zakresie e-zdrowia.

W sektorze publicznym w Polsce nadal brakuje oficjalnych, urzędowych portali poświęconych e-zdrowiu (Boreczna 2006). Częściowo zastępują je strony WWW Ministerstwa Zdrowia, Centrum Systemów Informatycznych Ochrony Zdrowia czy Narodowego Funduszu Zdrowia, zawierające podstawowe informacje przeznaczone dla obywateli i administracji. Istnieje natomiast wiele komercyjnych portali internetowych, w których można znaleźć zarówno wykazy placówek opieki zdrowotnej (publicznych i niepublicznych), bazy informacji o lekach refundowanych, indeksy badań, zabiegów i chorób, jak i mniej lub bardziej specjalistyczne poradniki medyczne dotyczące konkretnych schorzeń (np. astma, cukrzyca, nadciśnienie), zdrowego stylu życia, diet itp. Wkrótce możliwa będzie internetowa sprzedaż leków z grupy OTC (wydawanych bez recepty).

Jakość prezentowanych w Internecie informacji dotyczących problematyki zdrowotnej budzi wątpliwości Biura Europejskiej Federacji Organizacji Konsumentów (Bureau Europeen des Unions de Consommateurs, BEUC), które na szczeblu Unii Europejskiej występuje w obronie konsumentów. Dotyczy to w szczególności reklamowania leków i działalności serwisów internetowych (konsultacje, recepty i sprzedaż). BEUC uważa, że wskazane byłoby m.in. stworzenie godnych zaufania, akredytowanych witryn o tematyce medycznej oraz odpowiednich wyszukiwarek tych stron, umożliwiających ich odnajdywanie przez konsumentów (Federacja Konsumentów 2002).

Przyszłości szeroko pojętej informatyki medycznej w Polsce można upatrywać w rozwoju e-zdrowia i telematyki zdrowia (w tym: telemedycyny). O rozwoju tym zadecydują najprawdopodobniej trzy główne czynniki: nowe technologie teleinformatyczne (m.in. dostęp do Internetu, wymiana danych),

demografia (coraz częstsze korzystanie z sieci WWW przez ludzi w różnym wieku, niekoniecznie młodych) i rozwiązania prawne (uregulowane sprawy bezpieczeństwa sieciowego, ochrony danych, podpisu elektronicznego, wiarygodności informacji, monitoringu jakości itp.). Dla „konsumentów” opieki zdrowotnej, czyli większości mieszkańców Polski, Internet medyczny będzie odgrywać ważną rolę w edukacji zdrowotnej, zapobieganiu chorobom oraz – co się z tym wiąże – jako powszechnie dostępne, istotne źródło informacji o zdrowiu, chorobach, metodach leczenia, produktach medycznych, a także placówkach opieki zdrowotnej, instytucjach i organizacjach.

5. Wnioski

Wnioski wynikające z przeprowadzonego w Polsce badania w ramach projektu *e-Health Trends* jednoznacznie wskazują, że przyszłość medycyny będzie się ściśle wiązać z zastosowaniem nowych technologii w dostępie do usług medycznych:

- Około 2/3 badanych Polaków zna sieć WWW jako źródło informacji o zdrowiu, chorobach lub problemach zdrowotnych.
- Dla co piątego Polaka jest to bardzo ważne źródło.
- Ponad 1/3 Polaków korzysta z Internetu medycznego, prawie 50% z nich – częściej niż raz w miesiącu.
- Internet medyczny będzie odgrywał ważną rolę w edukacji „konsumentów” opieki zdrowotnej, zapobieganiu chorobom oraz jako źródło informacji o zdrowiu i chorobach.

Literatura

- Boreczna M.: *eHealth country report for Poland*. Public Online Services and User Orientation [dokument online, cyt. 17.01.2006, dostępny na URL]. <http://www.euser-eu.org>.
- Demunter C., 2005: *The digital divide in Europe*. „Statistics in Focus”, 38: 1–8.
- Domaszewski Z., 2001: *Internet w Polsce w 2000 r. według TNS OBOP*. „Gazeta Wyborcza”, 25.02, s. 29.
- Federacja Konsumentów: *Czy Internet może być źródłem informacji o usługach medycznych* [dokument online – 30.08.2002, cyt. 7.01.2006, dostępny na URL]. <http://www.federacja-konsumentow.org.pl/story.php?story=109>.
- Grant Agreement for an Action. Agreement Number – 2004134. European Community – Universitetssykehuset Nord-Norge HF. Luxembourg, September 2005, pp. 1–63.

- K r y n i c k i O.: *Użytkownicy usług internetowych w Polsce* [dokument online, cyt. 4.04.2006, dostępny na URL]. <http://www.mediarun.pl/news/id/8528/>.
- K u l b a k a D.: *Najpopularniejszy portal medyczny w kraju?* [informacja prasowa MP, online — cyt. 2.06.2004, dostępny na URL]. <http://www.webinside.pl/news/427>.
- Pew Research Center: *Globe Going Digital – 2005*. Pew Global Attitudes Survey [dokument online – cyt. 21.02.2006, dostępny na URL]. <http://pewglobal.org/reports/pdf/251.pdf>.
- Poland – Internet usage stats and market report* [cyt. 12.06.2006, dostępny na URL]. <http://www.internetworldstats.com/top20.htm>.
- T h e i s G.A., B e a n P., 2002: *Internet technology for the next generation of health-care management*. „Am Clin Lab”, 21(8): 17–19.
- TNS OBOP. Interbus (informacja prasowa – 10.02.2004).
- ZBIG, 2005: *Ilu Polaków ma komputer i internet*. „Gazeta Wyborcza”, 23.12, s. 31.

R o z d z i a ł 2

INTERNET MEDYCZNY I TELEMEDYCYNĄ

Piotr Kasztelowicz

Streszczenie: W 2000 roku podczas V Konferencji Internetu Medycznego w Poznaniu (przedostatniej konferencji, jaka odbyła się w cyklu łącznie sześciu konferencji Internetu medycznego odbywanych w latach 1995–2001 pod auspicjami Polskiego Stowarzyszenia Internetu Medycznego) przygotowałem referat pt. „Internet medyczny i telemedycyna. Wpływ nowych środków komunikacji na współczesne oblicze medycyny”, w którym starałem się nakreślić perspektywy rozwoju Internetu medycznego i telemedycyny w naszym kraju na tle projektów realizowanych w Europie Zachodniej, Stanach Zjednoczonych i Kanadzie. Po sześciu latach na problem ten należy spojrzeć krytycznie, aby odpowiedzieć na pytanie, w jaki sposób i w których dziedzinach nowe technologie wpłynęły na przeobrażenie współczesnej medycyny, a gdzie rozwój zatrzymał się i – poza jednostkowymi przykładami – utknął na etapie pomysłów i propozycji.

Słowa kluczowe: Internet medyczny, rozwój telemedycyny, nowe technologie

Abstract: In 2000, during the 5th Conference of Polish Medical Internet in Poznań (the penultimate conference within a series of six – in total – Polish Medical Internet Conferences held in 1995–2001 under the auspices of the Polish Medical Internet Society) I presented a paper entitled “Medical Internet and Telemedicine – the Influence of Modern Communication Methods on the Character of Medicine”, in which I tried to show the outlook for the development of the medical Internet and telemedicine in our country, as compared to the projects run in Western Europe, the USA and Canada. After six years this problem needs a critical review to answer the question in which ways and in which domains new technologies prompted the transformation of the modern medicine and where the development stopped and, except isolated instances, came to a standstill at the stage of ideas and suggestions.

Keywords: medical internet, development of the telemedicine, new technologies

1. Internet medyczny

„Internet, uważany do niedawna za coś tajemniczego, niepostrzeżenie wkroczył do naszego życia. Niegdyś środek komunikacji dla wtajemniczonych, z którego korzystali tylko naukowcy, dziś jest obecny niemal we wszystkich dziedzinach ludzkiej aktywności” – pisze Patricia Wallace w *Psychologii Internetu* (Wallace 2001), dodając: „[...] wykorzystujemy go do kontaktowania się z przyjaciółmi i współpracownikami, wyszukiwania najkorzystniejszych ofert kupna lub sprzedaży, zbierania i wymieniać się informacjami, nawiązywania nowych znajomości [...]”. I chociaż autorka niewiele pisze na temat roli Internetu w medycynie zarówno w relacjach lekarz – lekarz czy lekarz – pacjent, to jego znaczenie – w Polsce począwszy od 1993 roku – jest poza dyskusją. Podstawowymi narzędziami Internetu medycznego pozostaje WWW i poczta elektroniczna (polskie badania były przeprowadzone wśród studentów medycyny w 1995 roku (Kaczmarek, Rzepicki 1995), podobne wyniki uzyskano w publikacjach amerykańskich w nieco późniejszym okresie (Parker, Coiera 2000), które zapewniają dostęp do publikacji, aplikacji sieciowych oraz możliwość wymiany informacji pomiędzy różnymi użytkownikami za pośrednictwem aplikacji pocztowych (w tym również w ramach list dyskusyjnych, dystrybucyjnych czy grup newsowych). Wiadomo także, że lekarze należą do tradycjonalistów, stąd jeszcze w 2000 roku w badaniach Richarda Costello i współpracowników tylko 70% lekarzy korzystało regularnie z poczty elektronicznej (Costello 2000), co wówczas wydawało się sukcesem, a z perspektywy czasu, dalszego rozwoju wskazywało na znaczny odsetek lekarzy, którzy w nie tak odległym okresie nie doceniali roli Internetu. W Polsce, ale także na świecie, rozwój Internetu zbiegł się z upowszechnieniem nowoczesnej medycyny opartej na dowodach, czyli badaniach medycznych przeprowadzonych na dużych grupach pacjentów na podstawie rzetelnych badań statystycznych – *Evidence Based Medicine* (Sackett 1996). Sprawna wymiana informacji pomiędzy wieloma ośrodkami prowadzącymi wspólne badania stała się ważnym narzędziem wpierającym prowadzenie takich badań.

1.1. Obieg informacji naukowej

Historia powstania medycznych czasopism wskazuje na to, że do 1996 roku wydawcy liczących się publikacji medycznych nie doceniali Internetu – dotyczy to zarówno Polski, jak i całego świata. Redaktorem prawdopodobnie pierwszego internetowego czasopisma medycznego (już nieistniejącego „HICNet Medi-

cal News – Mednews”) był David Dodell – wówczas student medycyny – dziś amerykański lekarz dentysta, autorem pierwszego spisu zasobów medycznych Gary Malet. W Polsce miałem okazję współuczestniczyć w narodzinach obu inicjatyw. W 1994 roku z inicjatywy Radosława Śpiewaka przy moim i Grzegorza Staniaka wsparciu powołaliśmy elektroniczne czasopismo medyczne „Galen” (udało się wydać 12 numerów i suplement). 10 listopada 1994 roku stworzyłem polski spis zasobów medycznych, który regularnie uaktualniałem do 1 lutego 1999 roku, kiedy – moim zdaniem – misja i możliwość tworzenia takich zasobów przez jedną osobę się wyczerpała. Strona ta utrzymywana jest na serwerze Akademii Medycznej w Gdańsku (gdzie istniała od początku) do dnia dzisiejszego pod adresem <http://www.amg.gda.pl/MEDIC/>, natomiast wcześniejszą wersję tej strony prezentującą spis zasobów medycznych w Polsce w kolejności, w jakiej powstawały, dostępny jest także pod adresem <http://www.amg.gda.pl/MEDIC/stare.html>. W 1996 roku znane czasopisma medyczne zaczęły wkraczać do Internetu. Głośna była decyzja wydawców „British Medical Journal”, aby udostępniać wszystkie artykuły, także z bieżących numerów, całkowicie bezpłatnie na stronie WWW, jednak niestety obecnie czasopismo to, jak wiele innych, jest dostępne w całości po opłaceniu subskrypcji (bezpłatnie – numery archiwalne i niektóre artykuły z numerów bieżących). Ważną rolę odgrywają także bazy publikacji w Internecie – bazy abstraktowe, jak Medline (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/>) lub pełnotekstowe, z których największą ze znanych w Polsce wydaje się Proquest Medical Library (<http://il.proquest.com/>). Osobnego omówienia wymaga rola bibliotek w tworzeniu zasobów medycznych w Internecie. W pierwszym etapie wysiłki polegały na przenoszeniu informacji drukowanej na papierze na nośniki elektroniczne w celu usprawnienia procesu wyszukiwania informacji oraz umożliwienia jej dystrybucji poprzez Internet (S t a l m a c h 1999). Aktualnie biblioteki medyczne starają się pozyskiwać informacje zapisane na nośnikach elektronicznych „wprost” od autorów.

1.2. Portale medyczne

Portal internetowy to charakterystyczna dla Internetu forma prezentacji informacji. Pierwsze portale medyczne udostępniające kompleksowe informacje dla lekarzy i pacjentów zaczęły powstawać w 1996 roku poprzez przekształcanie się „prostych” stron WWW w zaawansowane systemy dystrybucji informacji. Najważniejszym problemem dotyczącym informacji medycznych w Internecie jest ich jakość i wiarygodność. Czynniki, od których zależy jakość, są (K a s z t e ł o w i c z 1997):

- Aktywność internetowa placówek akademickich, szpitali i towarzystw medycznych

Aktywność renomowanych placówek medycznych w pierwszej fazie rozwoju Internetu medycznego, a także obecnie stanowi podstawowe źródło rzetelnych, naukowych informacji medycznych. W Polsce ciągle ta aktywność jest zbyt mała.

- Inicjatywy niezależne i komercyjne

W tym przypadku jakość serwisów jest bardzo różna. Obok serwisów prezentujących informacje wyłącznie reklamowe spotykane są serwisy dobrej jakości. W tym przypadku dla pozyskania właściwej jakości niezbędne jest „pożenienie wiedzy z pieniędzmi” w sposób właściwy.

- Aktywność i świadomość użytkowników Internetu

*Niezbędne jest wyrobienie wśród użytkowników właściwej wrażliwości pozwalającej na **krytyczną ocenę serwisów**.*

- Zangażowanie autorytetów medycznych

Zaangażowanie autorytetów z dziedziny medycyny jest kluczem do pozyskiwania rzetelnych, naukowych informacji dla Internetu medycznego.

Nieprawidłowa informacja w Internecie może spowodować wiele groźnych konsekwencji:

- Pacjent „uwierzył”, że można leczyć się przez Internet

*Istnieją próby całkowitego zastępowania normalnego kontaktu lekarz – pacjent kontaktem poprzez Internet. Czasami medycy działający w Internecie **nieświadomie wpadają się w taką sytuację**. Wskazane jest przy udzielaniu wszelkich konkretnych rad pacjentowi dodawanie uwagi, że informacja przekazywana przez Internet **nie zastępuje leczenia** polegającego na kontakcie lekarz – pacjent i że pacjent powinien udać się do zaufanego lekarza w przypadku wystąpienia objawów choroby.*

- Nadużywanie leków i procedur diagnostycznych

Spotykane na Zachodzie związane jest z agresywną działalnością reklamową niektórych firm farmaceutycznych. Należy spodziewać się, że podobna sytuacja może wystąpić także w Polsce. Dokładne badania statystyczne w Wielkiej Brytanii potwierdziły, że osoby korzystające z Internetu celem pozyskania informacji o leczeniu danych objawów mają skłonności do nadużywania leków (Silberg 1997).

- Poddawanie się nieprawidłowym i niesprawdzonym sposobom „leczenia”

Głośny był przypadek tzw. chelation therapy propagowanego swego czasu na newsach (sci.med.cardiology) rzekomo mającego na celu, poprzez podawanie EDTA, wypłukiwać zmiany miażdżycowe.

Przykładem wartościowych portali medycznych oferujących informacje naukowe mogą być amerykański Medscape (<http://www.medscape.com>) i kanadyjski DocGuide (<http://www.docguide.com>). W Polsce najstarszym portalem medycznym propagującym informacje naukowe oparte na *Evidence Based Medicine* jest portal wydawnictwa „Medycyna Praktyczna” (<http://mp.pl>).

1.3. Jakość Internetu medycznego, reklama usług medycznych i sprzedaż leków przez Internet

Osobnym problemem w ostatnim czasie stała się reklama usług medycznych oraz sprzedaż leków przez Internet. W końcu lat 90. rozpoczęła się dyskusja na temat etycznych skutków szerokiego dostępu do informacji medycznej, a także jednocześnie rozpowszechnianych w formie spamów reklam produktów medycznych – leków, usług, medycyny alternatywnej, szpitali i praktyk lekarskich. Do dnia dzisiejszego nie ma w tym zakresie jednolitego poglądu. Współczesne badania pokazują, że coraz większa grupa wykształconych i zainteresowanych swoją chorobą pacjentów korzysta z medycznych portali internetowych oraz komunikuje się ze sobą za pomocą poczty elektronicznej. Najczęściej poszukiwania te dotyczą takich zagadnień, jak (Weingart 2006):

- pytania o postępowanie przy stwierdzeniu przez pacjenta określonych objawów chorobowych na podstawie wiedzy z portalu medycznego,
- szukanie lekarza i próba umówienia się na wizytę ze specjalistą,
- pytania dotyczące poszczególnych leków – w tym – czy można te leki „zamówić” i wykupić poprzez Internet (w Polsce nie jest to możliwe),
- poszukiwanie informacji adresowych szpitali, lekarzy itp.,
- poszukiwanie informacji na temat interpretacji badań medycznych,
- poszukiwanie możliwości nawiązania kontaktu z pacjentami, rodzinami chorych w celu wymiany doświadczeń.

Wiele obaw dotyczy jakości spotykanych portali medycznych i to zarówno przeznaczonych dla pacjentów, jak i dla personelu medycznego, uważa się jednak, że dobrze zredagowany portal medyczny, dbający o odpowiednią jakość informacji może korzystnie wpływać na poprawę zdrowotności społeczeństwa oraz obniżyć koszty leczenia poprzez eliminację niepotrzebnych wizyt lekarskich (Podichetty 2006). Osobnym zagadnieniem jest problem monitorowania jakości informacji medycznej w Internecie. Początkowo panował pogląd o możliwości stworzenia światowego czy lokalnie, na gruncie polskim, systemu monitorowania jakości informacji medycznej w Internecie poprzez chociażby stworzenie przez niezależną organizację monitorującą. Wiele dyskusji (omówiłem to zagadnienie na stronie WWW pod adresem <http://www.am.to-run.pl/certify/>) zwracało uwagę, że przydzielanie certyfikatów jakości dla serwisów medycznych to niezbędny warunek, aby portale medyczne wpływały korzystnie na podnoszenie wiedzy medycznej lekarzy i pacjentów. Podobnej opinii był Eysenbach (<http://medicine.ucsd.edu/f2000/D200285.htm>), który zaangażował się w projekt programu certyfikowania portali medycznych w ramach projektu Unii Europejskiej oraz w opracowanie poszerzonych kryteriów jakości (CE 2002). W 2000 roku podczas 5. Konferencji Internetu Medycznego w Poznaniu (materiały u autora) została przeprowadzona dyskusja „okrągłego

stołu” na temat możliwości powołania niezależnej instytucji w Polsce, która podjęłaby się tego zadania. Dziś mój pogląd jest zupełnie inny. Duże przedsięwzięcia planowane w tym zakresie przez Gunthera Eysenbacha w Europie jak również przez środowisko sieciujących medyków w Polsce nie powiodły się przede wszystkim z uwagi na specyficzny charakter Internetu, który nie poddaje się zewnętrznej kontroli, a liczba powstających dziennie nowych portali i możliwość na bieżąco zmieniania treści już tych funkcjonujących nie pozwala na skuteczne ich monitorowanie. Internetowe czasopisma medyczne przeprowadzają proces kontroli jakości samodzielnie na podstawie sprawdzonej przed erą Internetu metody recenzji. Rodzi się więc pytanie, co robić w przypadku pozostałych portali. W obecnym czasie jedyną możliwością rozwiązanie tego problemu jest edukowanie zainteresowanych osób – lekarzy i pacjentów, w jaki sposób samodzielnie wybierać wartościowe pod względem jakości informacji źródła (Ritterband, Thorndike 2006). Zagadnienie to omówiłem podczas pierwszej konferencji „E-health in Common Europe” – prezentacja dostępna pod adresem <http://www.am.torun.pl/~pekasz/Kasztelowicz-ehe.pdf>), a w przygotowanym do druku artykule (dla czasopisma „Healthcare Informatics”) przedstawiłem sposób wyszukiwania informacji medycznej w Internecie zapewniający najlepszą jakość na podstawie najstarszych, ale najprostszych kryteriów HONCode (<http://www.hon.ch/HONcode/Polish/>). Sprzedaż leków przez Internet i agresywna reklama usług medycznych kierowanych do pacjentów w krajach Unii Europejskiej, w tym w Polsce, nie jest dozwolona. Istnieje jednak silny lobbing, który wymusił takie możliwości w niektórych krajach poza Unią Europejską, a reklama wysyłana jest nachalnie w postaci spamów i trafia do skrzynek e-mailowych wielu z nas. Śledząc wiele artykułów w redagowanym przez G. Eysenbacha „Journal of Medical Internet Research”, można było odnieść wrażenie, że chciał prowadzić w czasopiśmie dyskusję na ten temat, wskazując także na pozytywne aspekty umożliwienia pacjentowi samodzielnego wyboru leku (Eysenbach 2001), jednak od dwóch lat w tym czasopiśmie nie ukazała się żadna znacząca publikacja na ten temat. W moim przekonaniu praktyka pokazała, do czego nie wszyscy badacze zajmujący się tym problemem chcą się przyznać, że podobnie jak próba certyfikatów dla serwisów medycznych, tak jak i uwolnienie możliwości zakupu leków spod kontroli lekarza i działania na rzecz internetowej preskrypcji nie sprawdziły się w praktyce. Niebezpieczeństwo czyhające na pacjenta przy samodzielnym, bez konsultacji z lekarzem, zakupie leku oraz skutki powikłań są wystarczającym argumentem, aby przeciwstawić się silnemu lobby przemysłu farmaceutycznego, który chciałby dopuścić większą ilość leków do wolnej sprzedaży (także poprzez Internet). W jednym i drugim przypadku istotnym elementem staje się edukacja pacjenta, czyli wyposażenie go w wiedzę pozwalającą na samodzielne pozyskiwanie wartościowych informacji zdrowotnych w Internecie.

2. Telemedycyna

Dziś telemedycyna jest ściśle związana z technologiami informatycznymi, w szczególności także z Internetem, jednak warto pamiętać, że idea diagnozowania i leczenia na odległość powstała przed erą sieci komputerowych – w dobie telefonu (V i e g a s 1998). Dzisiaj łączność telefoniczna jest szeroko wykorzystywana w przekazywaniu niektórych danych pacjenta przez telefon – w Polsce istnieje wiele ośrodków zajmujących się monitorowaniem badania elektrokardiograficznego pacjentów przez telefon i można powiedzieć, że ta forma telemedycyny odniosła do dnia dzisiejszego w Polsce największy sukces. W trakcie 5. Konferencji Internetu Medycznego dr Bujnowska-Fedak (S t a n i s z e w s k i, B u j n o w s k a - F e d a k, S t e c i w k o 2000) przedstawiła zalety telemedycyny w monitorowaniu chorego przewlekłego w domu: „Telemedyczna opieka domowa ma największe znaczenie w przypadku osób starszych lub niepełnosprawnych, unieruchomionych w domu lub niezdolnych do transportu, a także w przypadku takich chorób przewlekłych, jak: choroby serca, nadciśnienie tętnicze, cukrzyca, przewlekła obturacyjna choroba płuc, astma oskrzelowa oraz niewydolność nerek (pacjenci poddawani dializoterapii)”. W praktyce jednak w Polsce od 2000 roku poza monitorowaniem badania elektrokardiograficznego przez telefon w zakresie zdalnego monitorowania chorych przewlekłych nie uczyniono wiele.

2.1. Telepatologia

Polega na zdalnym przekazywaniu i zdalnym przetwarzaniu obrazów makroskopowych i mikroskopowych struktur, tkanek i komórek. Obraz może być zdalnie przekazywany na odległość i oceniany przez eksperta bez potrzeby przesyłania materiału (preparatu mikroskopowego) (igichp.edu.pl 2007). W przypadku telepatologii statycznej ekspert otrzymuje wybrane przez patologa pracującego na miejscu obrazy do ekspertyzy. Bardziej zaawansowaną techniką jest telepatologia dynamiczna oparta na systemie zrobotyzowanych mikroskopów. Umożliwia ona zdalną manipulację preparatem przez eksperta i oglądanie obrazu w czasie rzeczywistym. Pionierem telepatologii w Polsce jest prof. Janusz Szymaś (Katedra Patomorfologii Akademii Medycznej w Poznaniu), który w 1999 roku podczas 4. Konferencji Internetu Medycznego w 1999 roku w Toruniu przedstawił działający na podstawie tej metody system telekonsultacji (S z y m a ś, D a n i l e w i c z, P a p i e r z 1999) wykorzystujący „w pełni zrobotyzowany mikroskop Axioplan2 z zamontowaną kamerą cyfrową wysokiej

rozdzielczości, połączony z komputerem PC pełniącym funkcję serwera internetowego. Programy obsługi zarówno mikroskopu, jak i kamery zostały napisane w języku Java. Programy te były ładowane i automatycznie uruchamiane w momencie, gdy klient wybrał adres internetowy, pod którym znajdował się serwer. Serwer wypełniał polecenia podłączonego do niego użytkownika odnośnie do zdalnego sterowania mikroskopem oraz akwizycji i przesyłania obrazu. Obraz był przesyłany po kompresji do wszystkich aktualnie podłączonych uczestników sesji”. Drugim ośrodkiem zajmującym się telepatologią dynamiczną w Polsce dotyczącą w szczególności oceny zmian w tkance płuc jest Pracownia Telepatologii Instytutu Gruźlicy i Chorób Płuc w Warszawie kierowana przez prof. Janinę Słodkowską. W 2002 roku na zorganizowanej w Jabłonnej konferencji przedstawiła ona doświadczenia własnego ośrodka współpracującego z ośrodkiem profesora Klausa Kaysera w Niemczech (K a y s e r 2002).

2.2. Teleradiologia

Współczesne aparaty służące do diagnostyki obrazowej w medycynie są na ogół wyposażone w możliwość zdalnego wysyłania obrazu cyfrowego na podstawie uznanego na całym świecie formatu obrazowych danych medycznych DICOM, co w naturalny sposób ułatwia rozwój teleradiologii – czyli przesyłania danych obrazowych – zdjęć radiologicznych, obrazów ultrasonograficznych i innych na odległość. W Polsce w ramach projektu dofinansowanego z programu „Internet dla Lekarzy” (T u s z y ń s k i, B o g u s z 1999) zespół Fundacji im. Stefana Batorego, kierowany przez profesora Pawła Mikołajczaka, przedstawił pierwszy w Polsce kompletny i działający w Lublinie system przekazywania obrazu w formie cyfrowej na odległość (M i k o ł a j c z a k, L a s z e w s k i 1999). Bardzo ważnym elementem tego projektu było to, że udało się zaadaptować do pracy w sieci urządzenia różnych firm, a nawet stare aparaty radiologiczne nieprzystosowane przez producenta do przesyłania obrazów cyfrowych. Na szerszą skalę teleradiologia w Polsce jest wprowadzana dopiero obecnie, co wiąże się z zakupem nowoczesnego sprzętu, z jednej strony, oraz przyłączaniem do sieci szerokopasmowych w instytucjach publicznych, w tym szpitali w wielu miastach (projekty dofinansowane przez Unię Europejską), z drugiej. Bardzo często wykorzystuje się gotowe, zakupione (podobnie jest również w szpitalu, w którym pracuje) aplikacje. Wydaje się, że z uwagi na spodziewane korzyści finansowe (możliwość zatrudniania mniejszej liczby lekarzy radiologów, a w mniejszych miejscowościach wcale) teleradiologia może być opłacalna w warunkach polskich, przez co można się spodziewać, że w najbliższym czasie będzie to silnie rozwijająca się gałąź telemedycyny.

2.3. Telerobotyka medyczna

Telerobotyka medyczna jest zbiorczą nazwą zdalnie obsługiwanych urządzeń diagnostycznych i terapeutycznych. Telechirurgia to możliwość zdalnego uczestniczenia w zabiegach operacyjnych poprzez wykorzystanie manipulatorów. Inną bardzo skuteczną metodą jest chirurgia nawigowana, która pozwala wykorzystywać dane zgromadzone poprzez uprzednio wykonane badania obrazowe dla precyzyjnego określenia miejsca, w którym należy przeprowadzić określony zabieg chirurgiczny (<http://www.mcsm.pl/14780.dhtml>). Wydaje się, że chirurgia nawigowana ma szansę szybszego rozwoju niż telechirurgia.

2.4. Rozwój

W porównaniu do lat 90. od 2000 roku Internet medyczny stał się standardowym środkiem komunikacji. W krótkiej prezentacji trudno jest przedstawić wszystkie istotne jego aspekty. W moim przekonaniu jednym z największych dylematów jest to, czy polscy medycy bardziej powinni czuć się uczestnikami globalnej sieci i współpracować w rozwoju serwisów angielskojęzycznych, czy część swojej uwagi powinni skupić na tworzeniu portali przeznaczonych dla polskich pacjentów i ich rodzin oraz lekarzy (ale w języku polskim)? Wiele projektów powstałych podczas trwania programu „Internet dla Lekarzy” Fundacji im. Stefana Batorego (w latach 1996–2000) dziś nie jest już kontynuowanych. Znacznie łatwiej jest dziś polskim lekarzom uczestniczyć w telemedycznych programach europejskich i amerykańskich, niż angażować się w rozwój rodzimego Internetu medycznego. Zmalała liczba aktywnych polskojęzycznych lekarskich list dyskusyjnych. Ostatnia konferencja Polskiego Internetu Medycznego i Telemedycyny odbyła się w Krakowie w 2002 roku, a obecnie organizowane w Polsce konferencje poświęcone telemedycynie i Internetowi są konferencjami międzynarodowymi. Brakuje spotkań i warsztatów także z udziałem pacjentów i ich rodzin pozwalających m.in. na edukację w zakresie samodzielnego korzystania z informacji medycznej w Internecie. Osobiście sam w tym zakresie publikowałem więcej w języku angielskim niż w języku polskim. Wzrasta liczba serwisów komercyjnych w dużej mierze prezentujących reklamy usług i produktów medycznych kosztem serwisów edukacyjnych tworzonych przez instytucje akademickie i *non-profit*. Moje krytyczne zatem spojrzenie na rozwój Internetu medycznego i telemedycyny wskazuje na zaniechanie wielu cennych projektów i inicjatyw po części z braku zainteresowania tymi zagadnieniami placówek naukowych i ochrony zdrowia. Pozostała niewielka liczba

tywnych w tym zakresie towarzystw naukowych (jak Polskie Towarzystwo Kardiologiczne – <http://www.ptkardio.pl>), bibliotek medycznych, placówek naukowych i klinicznych oraz garstka niezależnych entuzjastów pozbawionych często instytucjonalnego wsparcia. W moim przekonaniu należy dziś więc postawić sobie pytanie, jaka powinna być dalsza droga polskiej telemedycyny w rozwój tej dziedziny w kraju i jaki powinien być udział polskich lekarzy w jej rozwoju na świecie.

Literatura

- Commission of the European Communities, Brussels, 2002: *eEurope, 2002: Quality criteria for health related Websites*. „Journal of Medical Internet Research”, 4(3)e15.
- Costello R. i in., 2000: *The use of electronic mail in biomedical communication*. „J. Am. Med. Informatics Ass.”, 7(1): 103–105.
- Eysenbach G., 2001: *Online prescriptions of pharmaceuticals: Where is the evidence for harm or for benefit? A call for papers – and for reflection*. „J Med Internet Res”, 3(1). <http://www.jmir.org/2001/1/e1/>.
- <http://www.igichp.edu.pl/subpag/tpkons.html>.
- Kaczmarek J., Rzepecki K., 1995, 1996: *Czy studenci medycyny korzystają z Internetu*. W: Szymaś J., Śpiewak R. (red.): „Lekarski Internet” – AdPunktum.
- Kasztelowicz P., 1997: *Jakość w Internecie medycznym*. <http://www.stud.uni.torun.pl/~pekasz/QUALITY/>.
- Kayser K., 2002: *Outline and perspectives of telemedicine*. „Telemedicine Inter- and Intradisciplinary Applications”. Jabłonna, 23–25 maj (konferencja).
- Mikołajczak P., Laszewski M., 1999: *Teletransmisja obrazów medycznych*. 4. Konferencja Internetu Medycznego. Toruń.
- Parker J., Coiera E., 2000: *Improving clinical communication*. „J of the Am. Medical Informatics Ass.” 7: 453–461.
- Podichetty V.K., 2006: *e-Talking to patient. Connecting with the health care consumers*. „J of the Am. Medical Informatics Ass.”, 13: 579.
- Ritterband L.M., Thorndike F., 2006: *Internet interventions or patient education Web sites?* „Journal of Medical Internet Research” 8(3): e18 (dostępne w Internecie <http://www.jmir.org/2006/3/e18/>).
- Sackett D.L. i in., 1996: *Evidence based medicine: what it is and what it isn't*. BMJ, 312: 71–72 (13 January) (dostępne w Internecie: <http://bmj.bmjournals.com/cgi/content/full/312/7023/71>).
- Silberg W.M. i in., 1997: *Assessing, controlling, and assuring the quality of medical information on the Internet*. JAMA. 277: 1244–1245.
- Stalmach L., 1999: *Realizacja elektronicznego systemu dystrybucji dokumentów skanowanych w oparciu o klienta e-mail MS Outlook oraz system MS Exchange*. „Biuletyn Głównej Biblioteki Medycznej”, 361: 38–45.
- Staniszewski A., Bujnowska-Fedak M., Steciwko A., 2000: *Telemedycyna. Opieka domowa i jej znaczenie dla lekarza rodzinnego*. 5. Konferencja Internetu Medycznego, Poznań.

- Szymaś J., Danilewicz M., Papierz W., 1999: *Telepatologia dynamiczna PRZEZ INTERNET dla zdalnej konsultacji przypadków neuroonkologicznych*. 4. Konferencja Internetu Medycznego, Toruń.
- Tuszyński M., Bogusz W., 1999: *Program Internet*. 4. Konferencja Internetu Medycznego, Toruń.
- Viegas S.F., 1998: *Past as Prologue*. In: Viegas S.F., Dunn K.: *Telemedicine. Practicing in the Information Age*. Lippincott-Raven, Philadelphia-New York.
- Wallace P., 2001: *Psychologia Internetu*. Przeł. T. Hornowski. Poznań: Rebis.
- Weingart S.A. i in., 2006: *Who uses the Patient Internet Portal. The PatientSite Experience*. „J of the Am. Medical Informatics Ass.”, 13: 91–95.

R o z d z i a ł 3

WSPÓŁCZESNE SYSTEMY TELEKONSULTACYJNE W DIAGNOSTYCE MEDYCZNEJ

Jacek Cała, Łukasz Czekierda, Andrzej Gackowski,
Krzysztof Zieliński

Streszczenie: Rozdział podejmuje zagadnienia techniczne dotyczące budowy i wykorzystania współczesnych systemów telekonsultacyjnych w diagnostyce medycznej. Punktem wyjścia rozważań jest prosty model informacyjny procesu stawiania diagnozy medycznej pokazujący miejsce i znaczenie konsultacji medycznej jako elementu wzbogacającego wiedzę ekspercką dostępną w procesie decyzyjnym. Elementy tego modelu są następnie szczegółowo omawiane w kontekście medycznym, reprezentacji pozyskiwanych wyników badań medycznych oraz technologii teleinformatycznych. W końcowej części tego rozdziału przedstawiono system TeleDICOM – opracowane przez autorów jedno z nowoczesnych rozwiązań wspomagających prowadzenie zdalnych konsultacji oraz kierunki jego dalszego rozwoju.

Słowa kluczowe: system telekonsultacyjny, diagnostyka medyczna, model informacyjny, system TeleDICOM

Abstract: This chapter deals with the technical issues of developing and using modern teleconsultation systems in medical diagnostics. The starting point for the discussion is a simple model of the process of establishing medical diagnosis that demonstrates the role of medical consultation as an element enhancing the expert knowledge available in a decision process. The parts of this model are discussed thoroughly in the medical and technical contexts. In the last part of the chapter there is the TeleDICOM system presented – a modern system developed by the authors for supporting remote consultations – and the directions of its further development are outlined.

Keywords: teleconsultation system, medical diagnostics, information model, TeleDICOM system

1. Wstęp

Pojęcie **telemedycyna** zostało wprowadzone w latach 70. ubiegłego wieku przez Thomasa Birda. W dosłownym rozumieniu oznacza ono dostarczanie usług medycznych na odległość i potocznie rozumie się przez nią np. stawianie diagnozy, realizację badania bądź przeprowadzenie zabiegu medycznego bez konieczności bezpośredniego kontaktu z pacjentem. Telemedycyna jest wynikiem naturalnego procesu wykorzystania technologii informatycznych i telekomunikacyjnych dla celów diagnostyki medycznej i opieki nad chorymi. Powstanie telemedycyny należy postrzegać jako rezultat skomputeryzowania urządzeń diagnostycznych oraz procesu informatyzacji służby zdrowia. Wyniki badań posiadające formę cyfrową mogą być przesyłane z użyciem sieci komputerowych. Podobnie aparatura medyczna sterowana komputerowo może być dołączona do sieci komputerowej w celu jej zdalnej eksploatacji. Sprawia to, że zakres telemedycyny jest bardzo szeroki i obejmuje m.in. wykonywane zdalnie procesy:

- diagnozowania,
- terapii i wykonywania zabiegów,
- monitorowania i rehabilitacji pacjentów,
- profilaktyki i edukacji pacjentów oraz edukacji lekarzy i studentów medycyny.

Procesy te są realizowane na styku pomiędzy różnymi podmiotami, których dotyczy świadczenie usług medycznych. Znaczenie telemedycyny we współczesnym systemie ochrony zdrowia polega na usprawnieniu przepływu informacji między nimi. Do najważniejszych należy zaliczyć przepływy informacji w relacji:

- pacjent ↔ lekarz/system wspomaganie pracy lekarza – przepływ informacji w tej relacji skutkuje poprawą bezpieczeństwa pacjenta i jakości życia, daje szansę na aktywne życie osób chorych, ułatwia leczenie chorób przewlekłych, pozwala na efektywne monitorowanie stanu chorego, umożliwia nadzorowanie przyjmowania leków, ułatwia ustalanie terminów usług medycznych, przyspiesza dostęp do lekarza pierwszego kontaktu itp.,
- lekarz ↔ lekarz – ten przepływ informacji skutkuje znaczącą poprawą jakości świadczenia usług medycznych, przyspieszając diagnozę poprzez zdalny dostęp do danych medycznych, ułatwiając dostęp do wiedzy ekspertów medycznych na drodze telekonsultacji czy wręcz umożliwiając prowadzenie zdalnych zabiegów i operacji w przypadkach trudnych lub w sytuacji niedostępności specjalistów itp.,
- student/lekarz ↔ lekarz – przepływ informacji umożliwia ustawiczne kształcenie poprzez dostęp do najnowszych zdobyczy wiedzy medycznej, pogłębianie wiedzy na drodze teleszkoleń, możliwość zdalnego uczestnictwa w zabiegach medycznych itp.,

- pacjent ↔ system ochrony zdrowia – ten przepływ informacji jest związany z dostępem do zasobów informacyjnych dotyczących profilaktyki, grup dyskusyjnych pacjentów, promocją zdrowego stylu życia i poprawą świadomości zdrowotnej, reklamą firm medycznych i farmaceutycznych itp.

Z różnorodności wymienionych przepływów informacji wynika bardzo szerokie spektrum zagadnień, jakie obejmują współczesne systemy telemedyczne. Organizacja każdego z nich wymaga innego podejścia, stawiając przed projektantami i twórcami systemów telemedycznych bardzo zróżnicowane wymagania. Niniejszy rozdział koncentruje się na przepływie informacji na styku lekarz ↔ lekarz występującym w procesie stawiania diagnozy medycznej, któremu towarzyszy konsultacja. Zauważa to dyskutowaną problematykę dotyczącą telemedycyny do zagadnień zdalnego dostępu do danych medycznych, telediagnostyki i telekonsultacji.

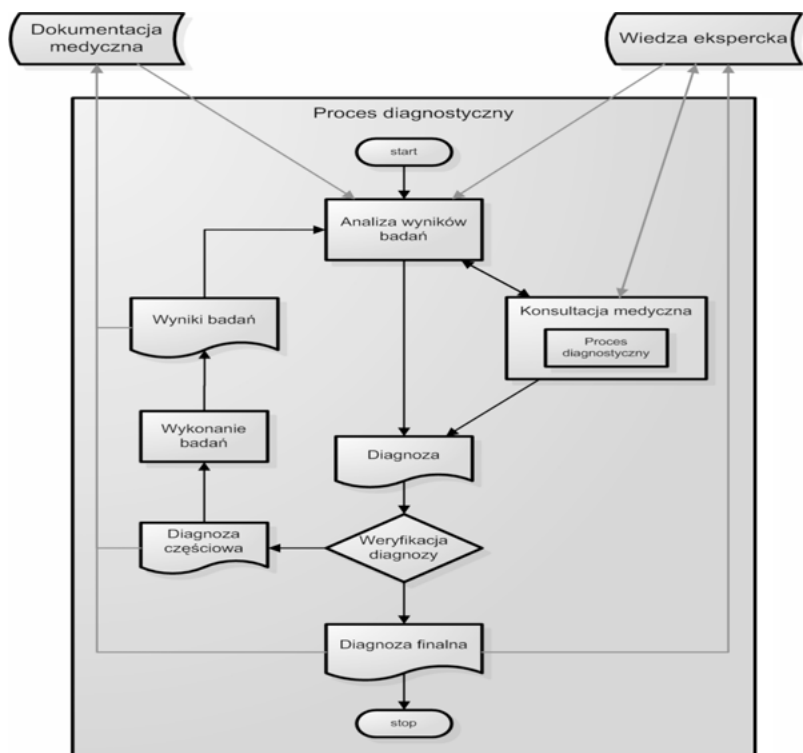
Celem tego rozdziału jest przedstawienie zagadnień technicznych dotyczących budowy i wykorzystania współczesnych systemów telekonsultacyjnych w diagnostyce medycznej. Świadomie pominięto tu omówienie uwarunkowań prawnych (m.in. odpowiedzialności za diagnozę podjętą w sposób zdalny) oraz organizacyjnych (np. warunków finansowania usług telediagnostycznych zlecanych placówkom medycznym i pojedynczym specjalistom).

Punktem wyjścia prowadzonych rozważań jest prosty model informacyjny procesu stawiania diagnozy medycznej pokazujący miejsce i znaczenie konsultacji medycznej jako elementu wzbogacającego wiedzę ekspercką dostępną w procesie decyzyjnym. Elementy tego modelu są następnie szczegółowo omawiane w kontekście medycznym, reprezentacji pozyskiwanych wyników badań medycznych oraz technologii teleinformatycznych. W końcowej części tego rozdziału przedstawiono system TeleDICOM – jedno z nowoczesnych rozwiązań wspomagających prowadzenie zdalnych konsultacji.

2. Model procesu diagnostycznego

Proces diagnostyczny jest procesem decyzyjnym, którego wynikiem jest diagnoza medyczna, czyli stwierdzenie zawierające klasyfikację jednostki chorobowej, jej charakterystykę oraz opis stanu pacjenta. Jest to złożony proces analizy danych medycznych i wnioskowania, często realizowany w sposób iteracyjny, wykorzystujący wiedzę ekspercką lekarzy.

Proces stawiania diagnozy medycznej został w uproszczeniu zaprezentowany na rys. 1. Wnioskowanie, którego celem jest podjęcie decyzji diagnostycznej, wymaga dwóch zasadniczych składników:



Rys. 1. Przykładowy schemat telediagnostyki

Źródło: Opracowanie własne.

- zespołu faktów, na które składają się dane uzyskane z wywiadu, historia jego choroby, wynik badania fizykalnego, wyniki badań i inne informacje związane z pacjentem i jego otoczeniem,
- wiedzy lekarskiej, na którą składa się wiedza teoretyczna, własne doświadczenie lekarskie oraz pewien kontekst środowiskowy wynikający np. z informacji statystycznych. Wiedza ta może być reprezentowana przez jednego lekarza lub stanowić wiedzę całego konsylium, czy też komputerowego systemu wspomaganie podejmowania decyzji diagnostycznych.

Proces stawiania diagnozy jest zazwyczaj procesem iteracyjnym, w czasie którego lekarz analizuje dokumentację medyczną zawierającą wyniki badań, historię choroby i wcześniej wypracowane rozpoznania. Proces ten jest często uzupełniony przez dodatkowe informacje uzyskiwane od pacjenta, zmiany stwierdzane w badaniu fizykalnym, wyniki dodatkowych badań zleczanych na podstawie wcześniejszej oceny stanu klinicznego i w rezultacie prowadzi do pozyskania kolejnych informacji potwierdzających lub obalających wcześniejsze hipotezy. Istotne jest przy tym, że postawiona diagnoza wzbogaca zarówno wiedzę lekarza, jak i stanowi uzupełnienie dokumentacji medycznej.

Konsultację medyczną, wyróżnioną jako element procesu diagnostycznego, rozumie się jako proces komunikowania się dwóch lub więcej lekarzy w celu wzbogacenia wiedzy eksperckiej, co ma na celu skorygowanie lub zwiększenie precyzji rozpoznania bądź przyspieszenie procesu diagnostycznego. Nierzadko efektem konsultacji medycznej, oprócz wzbogacania wiedzy, jest także wypracowanie diagnozy. Konsultacja może być zatem postrzegana jako szczególny przypadek procesu diagnostycznego.

Mimo że konsultacja medyczna jest elementem opcjonalnym, jej rola w procesie diagnostycznym jest istotna przed wszystkim z uwagi na rosnącą specjalizację, czyli rozproszenie wiedzy eksperckiej. Z tego też względu posiadanie narzędzi wspomagających telediagnostykę i telekonsultacje jest ważnym usprawnieniem na drodze do wypracowania diagnozy. Bardziej szczegółowo problematykę telediagnostyki oraz telekonsultacji porusza kolejny punkt.

3. Telediagnostyka

Telediagnostyka jako prowadzenie procesu diagnostycznego na odległość zakłada zdalny dostęp do wyników badań i dokumentacji medycznej, jak również – w swojej najbardziej rozwiniętej postaci – możliwość przeprowadzenia wybranych elementów badania pacjenta znajdującego się w dowolnej odległości od konsultującego lekarza. Proces ten może być realizowany z wykorzystaniem różnorodnych technik komunikacji, w tym np. rozmów telefonicznych. Obecnie jednak wraz z postępem technologii informatycznych i telekomunikacyjnych prowadzi się go z wykorzystaniem narzędzi teleinformatycznych.

Systemy telediagnostyki mogą być zorganizowane na bardzo wiele sposobów. Jednym z ciekawych rozwiązań powstałych w Polsce, które jest warte wymienienia, jest portal Telezdrowie (Health Level Seven 2007). Portal udostępnia interaktywne serwisy diagnostyczno-rehabilitacyjne: *Słyszę*, *Widzę* i *Mówię*, stworzone dla prowadzenia badań przesiewowych słuchu i wzroku oraz badań i rehabilitacji mowy. Jako aplikacja WWW serwis jest dostępny poprzez przeglądarkę internetową, nie wymagając od użytkownika instalacji w systemie operacyjnym dodatkowego oprogramowania, co znacznie ułatwia jego wykorzystanie. Nieco inne podejście stosowane jest w przypadku chorych, którzy ze względu na stan swojego zdrowia wymagają stałego nadzoru. Wówczas wyposażeni są oni w urządzenia monitorujące ich procesy życiowe, np. mierzące ciśnienie, tętno czy poziom glukozy, z których dane przesyłane są następnie do ośrodka diagnostycznego. Po stronie diagnozującej może znajdować się lekarz lub system informatyczny automatycznie wykrywający nieprawidłowości i podejmujący stosowne kroki. Zawsze jednak wiedza i doświadczenie specjalisty są

niezbędne w nietypowych i bardziej skomplikowanych przypadkach. Przykładem tego typu rozwiązań są coraz szerzej stosowane serwisy „EKG przez telefon”.

W Polsce od ok. 8 lat funkcjonuje system zdalnego monitorowania EKG w domu pacjenta. Osoba zagrożona zaburzeniami rytmu serca otrzymuje niewielki aparat przekształcający sygnał EKG z elektrod naklejonych na skórę na sygnał transmitowany przez zwykły telefon, który jest następnie odczytywany w centrum monitoringu. Lekarz dyżurny dysponuje archiwalnym zapisem EKG i historią choroby danego pacjenta. Może on porozmawiać z chorym na temat jego dolegliwości, przeanalizować przesłany zapis EKG, porównać go z poprzednim i w razie stwierdzenia nieprawidłowości podjąć decyzję o wezwaniu karetki pogotowia. W niektórych karetkach pogotowia zainstalowano bardziej zaawansowane urządzenia. Transmitują one przetworzony na cyfrowy zapis EKG poprzez sieć telefonii komórkowej do ośrodka kardiologii inwazyjnej. W wypadku potwierdzenia w ten sposób rozpoznania zawału serca pacjent jest bezpośrednio transportowany do specjalistycznego ośrodka, w którym możliwe jest otwarcie niedrożnej tętnicy wieńcowej odpowiedzialnej za zawał. W przypadku gdy zapis EKG i przedstawione dane z wywiadu nie są jednoznaczne, pacjent jest transportowany do najbliższego szpitala w celu dalszej oceny jego stanu. Umożliwia to skrócenie czasu, jaki mija od początku zawału do chwili otwarcia tętnicy wieńcowej w przypadku najbardziej zagrożonych pacjentów oraz optymalne wykorzystanie ośrodków kardiologii inwazyjnej.

Specjalnym rodzajem telediagnostyki są **telekonsultacje** obejmujące **fazę konsultacji** między lekarzem, którego wiedza nie pozwala na jednoznaczne postawienie diagnozy, a świadczącym je specjalistą. Istotą telekonsultacji będzie zatem dostarczenie środków komunikacji umożliwiających jak najpełniejszą wymianę informacji medycznej na odległość. Niewątpliwą zaletą takiego podejścia, w stosunku do konsultacji prowadzonych tradycyjnie, jest usprawnienie procesu oceny stanu zdrowia pacjenta m.in. poprzez eliminację jego obecności na niektórych etapach tej oceny, co pozwala skrócić czas i zmniejszyć koszty całego procesu.

W dalszej części rozdziału zagadnienia związane z telekonsultacjami zostaną potraktowane szerzej i omówione z uwzględnieniem ich realizacji w trzech wyróżnionych kontekstach:

- medycznym – świadczenia usług i realizacji badań medycznych,
- technologicznym – dotyczącym reprezentacji i udostępniania wyników badań,
- teleinformatycznym – związanym z architekturą systemu informatycznego wspierającego proces wymiany informacji w ramach telekonsultacji.

Pozwoli to usystematyzować czynniki mające wpływ na budowę i zakres zastosowania systemów telekonsultacyjnych.

4. Kontekst medyczny telekonsultacji

Kontekst medyczny telekonsultacji wynika z jej umiejscowienia w procesie diagnostycznym, a potrzeba i możliwości realizacji są wynikiem przemian zarówno w zakresie realizacji badań medycznych, formy dokumentacji medycznej, jak i postępującej specjalizacji. Badania naukowe prowadzą do szybkiego **zwiększania obszerności wiedzy medycznej**. Objęcie jej w całości przez jednego lekarza stało się już dawno niemożliwe. Dochodzi zatem do nieuchronnej specjalizacji i tworzenia wielu **wąskich dziedzin medycyny**. Stąd też, w celu pełnego wykorzystania możliwości współczesnej medycyny, coraz pilniejsza staje się **konieczność konsultowania** poszczególnych pacjentów przez wielu specjalistów, przy wykorzystaniu specjalistycznego sprzętu.

Tendencją, którą powinno się obserwować w przeciągu następnych lat, będzie zwiększanie dostępności sprzętu diagnostycznego nie tylko w szpitalach klinicznych i specjalistycznych, ale i w mniejszych placówkach medycznych, np. przychodniach. Istotne jest jednak, że o ile proces akwizycji badań został w pewnym stopniu zestandaryzowany i zautomatyzowany¹, o tyle analiza i interpretacja wyników badań medycznych pozostała nadal sztuką wymagającą bardzo dużej wiedzy i doświadczenia. Co więcej, postęp w dziedzinie aparatury medycznej, która dostarcza coraz więcej i coraz bardziej szczegółowych informacji, powoduje, że liczba specjalistów mogących w pełni wykorzystać możliwości sprzętu diagnostycznego może nie nadążać za wzrostem jego dostępności. Z tego powodu w przyszłości może dojść do znacznego zwiększenia zapotrzebowania na usługi telekonsultacyjne, których prowadzenie – oprócz odpowiedniej infrastruktury – będzie wymagać jedynie poprawnie przeprowadzonego procesu akwizycji danych. Narzędzia telekonsultacyjne powinny zatem wpłynąć na lepsze wykorzystanie wiedzy ekspertów, nie wymagając od nich pełnienia dyżurów w wielu ośrodkach medycznych.

Obecnie prowadzenie konsultacji między lekarzami wiąże się najczęściej z koniecznością kierowania lub transportowania chorego do odległych specjalistycznych ośrodków klinicznych, co pociąga za sobą dodatkowe koszty i naraża pacjentów na utratę czasu i dodatkowy stres oraz powoduje znaczne spowolnienie procesu diagnostycznego. Telekonsultacje są w stanie wyeliminować te wady pod warunkiem zapewnienia zdalnego dostępu do wyników badań i dokumentacji medycznej. Istnieje przy tym wiele dziedzin medycyny, w których dostęp ten można zorganizować stosunkowo prosto. Przykładowo, oczywista jest rola zdalnych konsultacji w przypadku rzadkich patologii stwierdzanych w histopatologii. Zdjęcia preparatów mikroskopowych mogą być przesyłane do naj-

¹ Mimo to sama akwizycja stanowi niejednokrotnie (np. w echokardiografii) dużą trudność i wymaga doświadczenia ze strony osoby wykonującej badanie.

wybitniejszych specjalistów w danej dziedzinie, co pozwoli na postawienie trudnej diagnozy. Analogiczna zasada dotyczy np. działających w praktyce systemów do teledermatologii.

Dokumentacja medyczna i sposób jej reprezentacji mają więc podstawowe znaczenie w procesie telekonsultacji, dlatego też poniżej przedstawiono tematykę cyfrowej reprezentacji danych medycznych ze szczególnym uwzględnieniem danych obrazowych oraz systemów ich przechowywania, które stanowią kontekst technologiczny prowadzenia telekonsultacji.

5. Kontekst technologiczny telekonsultacji

Zdalny dostęp do wyników badań jest w coraz większym stopniu ułatwiony poprzez stosowanie cyfrowej reprezentacji wyników badań. Większość współczesnych medycznych urządzeń diagnostycznych przetwarza sygnały pochodzące z ciała pacjenta na dane cyfrowe, które następnie bez straty ich jakości mogą być przechowywane, wielokrotnie odtwarzane i analizowane. Jest to szczególnie widoczne w radiologii, a także, jak przedstawiono w tabeli 1, w wielu innych technikach diagnostycznych.

Tabela 1

Najważniejsze badania diagnostyczne wytwarzane w postaci cyfrowej

Rodzaj rejestracji	Technologia akwizycji danych medycznych
Rejestracja obrazów	- Wykorzystująca promieniowanie jonizujące: - klasyczne statyczne zdjęcia radiologiczne, - skopia rentgenowska (filmy zarejestrowane podczas prześwietlenia, w tym dynamiczne badania kontrastowe, jak angiografia, urografia, cholecystografia itd.), - tomografia komputerowa (w tym tomografia wysokiej rozdzielczości z rekonstrukcjami trójwymiarowymi), - rezonans magnetyczny, - badania radioizotopowe (zdjęcia lub filmy przedstawiające rozkład kumulacji radioizotopu w różnych narządach). - Ultrasonograficzna. - Rejestrująca obrazy z wykorzystaniem światła widzialnego (zdjęcia skóry i śluzówek, zębów, oka, endoskopia, badania mikroskopowe pobranych tkanek) lub podczerwonego (termografia).
Rejestracja przebiegów krzywych i/lub danych ilościowych	Badania wykorzystujące zjawiska elektryczne (elektrokardiogramy, w tym wysokiego wzmocnienia, 24-godzinne monitorowanie EKG, zapisy przezprzłykowe i wewnątrzsercowe, dane zapisywane przez stymulatory i kardiowertery serca, elektrogastrogramy, elektroencefalogramy, elektromiogramy i in.).

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Rejestracja ciśnień w obrębie różnych struktur (badania układu krążenia, napięcia mięśni zwieraczy i in.).• Badania czynnościowe układu oddechowego (spirometria i in.).• Rejestracja stężeń różnych substancji w surowicy (np. stężenia glukozy). |
|--|

Jednolitym standardem wypracowanym w zakresie reprezentacji cyfrowych danych medycznych jest obecnie standard DICOM, którego rozpowszechnienie jest zasadniczym czynnikiem przyspieszającym rozwój systemów wspomagających prowadzenie telekonsultacji.

6. Standard DICOM

Pierwsze urządzenia medyczne generujące dane cyfrowe wprowadzono w latach 70. Gwałtownie wzrastająca ich liczba oraz brak kompatybilności pomiędzy nimi wymusiły konieczność stworzenia uniwersalnego systemu zapisu i wymiany różnorodnych danych medycznych. Dotyczyło to zarówno danych administracyjnych dotyczących pracy szpitala czy przychodni, jak i składowania danych obrazowych. Sytuacji nie ułatwiała konkurencja producentów sprzętu, którzy forsowali własne rozwiązania, często niekompatybilne z urządzeniami innych marek. Przełomem było wprowadzenie standardów obsługujących przepływ danych administracyjnych (Health Level 7) oraz współpracującego z nimi standardu zapisu danych obrazowych. Prace nad taką unifikacją rozpoczęto w roku 1983. W roku 1993 opublikowano standard DICOM (ang. Digital Imaging and Communications in Medicine) (Zieliński, Cała, Czekierda, Zieliński 2004), który uzyskał powszechną aprobatę. Stworzył go zespół specjalistów z wielu dyscyplin medycznych, informatyków i inżynierów we współpracy z wiodącymi producentami aparatury medycznej. Od tego czasu wprowadzono kilka uaktualnień (ostatnia wersja 4.3 pochodzi z października 2005 roku).

Obecnie praktycznie wszystkie dostępne na rynku urządzenia generujące medyczne dane obrazowe są kompatybilne ze standardem DICOM. Należą do nich m.in. aparaty radiologiczne, angiografy, tomografy komputerowe, tomografy rezonansu magnetycznego, urządzenia do scyntygrafii, ultrasonografii, elektrokardiografii, kamery, skanery i inne przetworniki służące do zapisu w formie cyfrowej danych pochodzących ze starszych nośników. Standard DICOM może być wykorzystany w metodach diagnostycznych z niemal każdej dziedziny medycyny – obecnie znane są zastosowania w kardiologii, radiologii, stomatologii, endoskopii, okulistyce, ortopedii, anatomopatologii, pediatrii, radioterapii, chirurgii, weterynarii i wielu innych.

DICOM definiuje dwa istotne aspekty pozyskiwania informacji z aparatury medycznej: (1) strukturę danych medycznych, które są zapisywane w postaci pliku lub sekwencji plików, (2) sposób komunikacji z urządzeniem w celu transferu tych danych.

Plik badania zapisany w standardzie DICOM to zbiór danych, z których każda opatrzona jest stosowną etykietą (ang. *tag*). Standard definiuje tysiące etykiet, określając ich znaczenie i możliwy zbiór wartości², pozwalając na swobodne przenoszenie danych pomiędzy różnymi urządzeniami i programami zdolnymi poprawnie interpretować i przetwarzać te pliki. W tabeli 2 przedstawiono podstawową strukturę danych zawartych w pliku DICOM.

Jednymi z najistotniejszych danych zawartych w pliku DICOM są niewątpliwie dane obrazowe. Plik DICOM może przechowywać obrazy statyczne lub sekwencje wideo o jakości przewyższającej zwykle tę uzyskiwaną w formatach graficznych stosowanych w innych dziedzinach (tzw. formatach ogólnego przeznaczenia – np. JPEG, GIF, TIFF, AVI, MPEG). Wynika to z konieczności zapewnienia odpowiedniej – diagnostycznej – jakości badania. Standard DICOM dopuszcza użycie m.in. następujących formatów: RLE, JPEG, JPEG-LS, JPEG-2000 (National Electrical... 2004; Clunie 2000). Format JPEG-2000 dopuszczony do użycia w standardzie DICOM w roku 2002 charakteryzuje się bardzo dużą efektywnością kompresji (skutkującą znacznym zmniejszeniem rozmiaru plików). Obrazy zawarte w pliku DICOM poddane są najczęściej kompresji bezstratnej, czyli takiej, która pozwala zmniejszyć rozmiar zapisanego obrazu, a jednocześnie jest w pełni odwracalna i nie powoduje utraty jego jakości. W niektórych badaniach, np. w echokardiografii, zazwyczaj dopuszcza się stratną kompresję (ang. *lossy compression*) (Thomas, Main 1998). Ujemną stroną stosowania zaawansowanych formatów kompresji jest zwiększenie wymagań pod względem mocy obliczeniowej komputera dekodującego badanie.

Ponadto dane zawarte w pliku DICOM zawierają pełną informację pozwalającą na swobodne ich przenoszenie pomiędzy różnymi urządzeniami i programami zdolnymi poprawnie interpretować i przetwarzać te pliki. Jest to proces niezależny od aparatury, która je wygenerowała.

Podstawowa struktura danych zawartych w pliku zgodnym ze standardem DICOM przedstawia się następująco:

- dane demograficzno-administracyjne pacjenta,
- dane administracyjne dotyczące badania (data, godzina, ośrodek, personel itd.),
- informacje o rodzaju badania, tzw. modalność – np. badanie ultrasonograficzne, tomografia komputerowa, angiografia itd.,
- informacje o rodzaju każdego z obrazów statycznych (np. w ultrasonografii: tryb M-mode, dwuwymiarowy, Doppler spektralny itd.),

² Przykładowo etykieta (0010, 0010) oznacza pole danych **nazwa pacjenta**, które może przyjmować wartości tekstowe.

- informacje o rodzaju każdej zapisanej w ramach danego badania sekwencji filmowej, liczbie klatek i tempie animacji,
- stosowne dla typu badania i rodzaju zapisanego obrazu dane kalibracyjne umożliwiające wykonywanie pomiarów (np. odległość między wybranymi punktami w obrazie dwuwymiarowym, prędkość lub czas na spektrum dopplerowskim i in.),
- raport z badania,
- elementy „prywatne” – np. zastrzeżone dla danego producenta sprzętu,
- inne elementy, które mogą być zdefiniowane w przyszłości w zależności od potrzeb.

Ważną informacją zawartą w plikach DICOM jest informacja kalibracyjna. Dzięki kalibracji każdego z obrazów możliwe jest przy użyciu odpowiedniej przeglądarki DICOM wykonywanie pomiarów i obliczeń w sposób analogiczny do tego, jaki jest oferowany przez urządzenia diagnostyczne.

DICOM posiada ponadto mechanizmy grupowania wielu plików w jeden zestaw o unikalnym identyfikatorze, odpowiadający jednemu badaniu. Taka sekwencja plików opisywana jest przez specjalny plik o nazwie **DICOMDIR**, zawierający m.in. miniatury obrazów zapisane w małej rozdzielczości, które służą do wygodnego orientowania się w zawartości badania, np. przed pobraniem go w całości z dysku lub szpitalnej sieci komputerowej.

Cyfrowy sposób zapisu danych pozwala na ich efektywne składowanie, skąd mogą one zostać pobrane na potrzeby procesu diagnostycznego. Jednym ze sposobów przechowywania danych obrazowych zapisanych w formacie DICOM są systemy archiwizacji danych medycznych.

7. Systemy archiwizacji danych medycznych

Dane diagnostyczne mogą być przechowywane na różny sposób, częstą praktyką jest przechowywanie ich na twardych dyskach komputerów umieszczonych przy urządzeniu diagnostycznym. Ze względu na duży rozmiar plików w stosunkowo krótkim czasie takie podejście okazuje się niewystarczające, a archiwizowanie danych na płytach CD/DVD jest procesem podatnym na wystąpienie błędów i długotrwałym – zarówno w momencie nagrywania, jak i późniejszego wyszukiwania danych. Lokalne składowanie danych na dyskach komputerów w pracowni, gdzie dokonano ich akwizycji, nie pozwala na wykorzystanie wszystkich zalet cyfrowych danych medycznych. Ujawniają się one wtedy, gdy dane te trafiają do centralnego systemu archiwizacji, do którego dostęp ma upoważniony personel medyczny. Dostęp ten może odbywać się z terminali komputerowych rozmieszczonych w wielu miejscach na terenie danej instytucji.

Oprócz samego składowania danych medycznych w systemach archiwizacji niemniej istotne znaczenie mają mechanizmy ich wyszukiwania. Punktem wyjścia jest wyszukiwanie danych na podstawie nazwiska pacjenta lub jego danych osobowych. Niektóre systemy umożliwiają także wyszukiwanie według klasyfikacji przypadków medycznych lub poprzez analizę danych alfanumerycznych w raporcie badania.

Usystematyzowany sposób archiwizacji oraz wykorzystania zapisanych zasobów wymaga zastosowania wyspecjalizowanego oprogramowania administrującego typu PACS (ang. Picture Archiving and Communication Systems) wspieranego systemami zapisu elektronicznego rekordu pacjenta (ang. *electronic health record*) oraz innymi systemami zarządzania danymi w medycynie. Akceptacja wymienionych rozwiązań jest jednak stosunkowo ograniczona – liczba ośrodków, które wdrożyły w skali całego szpitala system PACS obejmujący wszystkie specjalności kliniczne i wykorzystujący całościowo medyczny rekord EHR, jest zarówno w Europie, jak i Stanach Zjednoczonych bardzo niewielka. Przyczyny tego stanu rzeczy są bardzo zróżnicowane. Typową praktyką jest istnienie wielu oddzielnych systemów PACS – osobnych dla radiologii, kardiologii i innych działów medycyny. Wynika to z wysokiego stopnia specjalizacji tych rozwiązań – często radiologiczne systemy PACS nie są w stanie poprawnie obsługiwać plików w trybie dopplerowskim lub M-Mode. Popularność kardiologicznych systemów obrazowych PACS jest dużo niższa niż ich radiologicznych odpowiedników, które są z powodzeniem używane od kilkunastu lat – tylko ok. 25% amerykańskich szpitali posiada wdrożony kardiologiczny system PACS (Gackowski, Chrustowicz, Czekierda 2008).

Niemniej jednak sprawnie działający system archiwizacji danych jest podstawą do efektywnego prowadzenia telekonsultacji medycznych wspomaganych przez dedykowany do tego celu system. Ważnym aspektem jest przy tym dobra integracja obu systemów, co jest możliwe dzięki standardowi DICOM, który oprócz struktury pliku z danymi definiuje także metody komunikacji i transferu danych medycznych.

Innym istotnym czynnikiem w procesie opracowania diagnozy, oprócz metod przechowywania i wyszukiwania danych, jest sposób sporządzania i zapisu raportów. Obszar ten jest objęty przez stworzony w 2000 roku standard DICOM SR (ang. Structured Reporting).

8. Standard DICOM SR

Wspomniane wcześniej zalety cyfrowej reprezentacji danych, a w szczególności możliwości przechowywania, wyszukiwania, przetwarzania i przesyłania,

wymuszają zmiany w dotychczasowym sposobie przygotowania wyniku badania czy diagnozy (raportu). Stosowanie różnych formatów zapisu dokumentów praktykowane powszechnie przez poszczególne jednostki medyczne utrudnia przenoszenie dokumentacji medycznej między ośrodkami, a w szczególności aprobatę funkcjonującego na szerszą skalę elektronicznego rekordu pacjenta. Należy także zwrócić uwagę, że wykorzystywanie do raportowania języka naturalnego jest z powodu jego małej precyzji i braku odpowiedniej strukturalizacji niewystarczające. Automatyczne przetwarzanie tak sporządzonego raportu jest praktycznie niemożliwe.

DICOM Structured Reporting jest odpowiedzią na te potrzeby, standaryzuje on tworzenie i przechowywanie raportów medycznych (Clunie 2000). Dokument DICOM SR jest plikiem, który zawiera informacje zapisane w postaci hierarchicznej z możliwością definicji różnych typów relacji pomiędzy poszczególnymi polami danych. Dane przechowywane są, z wykorzystaniem standardu DICOM, jako pary nazwa-wartość, a poprzez wykorzystanie słownika pojęć, np. LOINC, SNOMED itp., zapewnia się jednolity i jednoznaczny zapis informacji medycznej. Bezpośrednią korzyścią wynikającą z zastosowania słownika pojęć jest także możliwość opracowania narzędzi informatycznych wspomagających przetwarzanie, zarządzanie i przeszukiwanie dokumentów DICOM SR, a w przyszłości – być może – także ich rozumienie i analizę.

Wymienione powyżej technologie powinny być podstawą powstania narzędzi wspomagania prowadzenia telekonsultacji, a ich wykorzystanie daje szansę stworzenia rozwiązań w pełni zintegrowanych z systemami informatycznymi istniejącymi w ośrodku medycznym. W efekcie telekonsultacje powinny stać się naturalnym elementem procesu diagnostycznego w nowoczesnej placówce służby zdrowia.

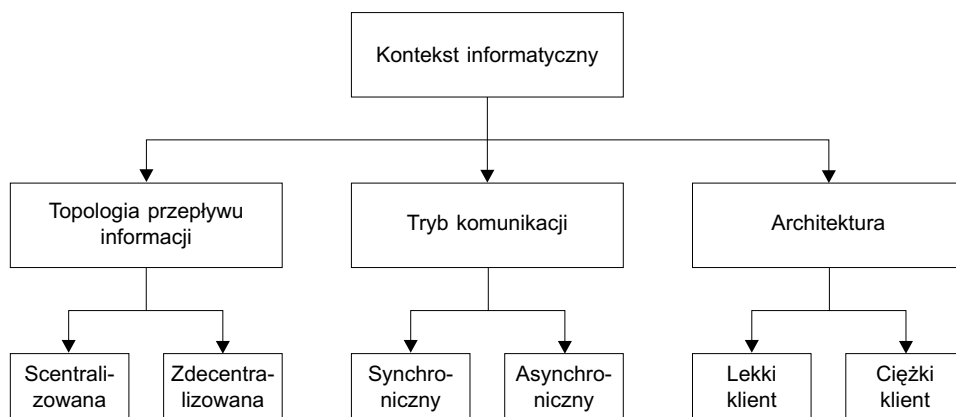
9. Kontekst teleinformatyczny zdalnych konsultacji

Podstawowym zadaniem systemu telekonsultacyjnego jest umożliwienie przepływu wiedzy eksperckiej w procesie diagnostycznym, czego nieodzownym elementem jest transfer dokumentacji medycznej oraz – co jest nie mniej istotne – zapewnienie komunikacji pomiędzy konsultującymi się uczestnikami. Systemy te mogą być konstruowane z wykorzystaniem szerokiego spektrum technologii telekomunikacyjnych, do których można zaliczyć np. telefon i faks, obecnie jednak dominujące znaczenie w tym aspekcie mają technologie teleinformatyczne, a w tym cyfrowe sposoby komunikacji szeroko wspierane przez systemy informatyczne.

Punkt ten skupia się na kontekście teleinformatycznym systemów wspomagania prowadzenia zdalnych konsultacji, a ze względu na złożoność zagadnień związanych z ich budową i organizacją proponuje się wyróżnić trzy najistotniejsze kryteria klasyfikacji (rys. 2):

- topologię przepływu informacji,
- tryb komunikacji,
- architekturę systemu.

Ze względu na **sposób przepływu informacji** można wyróżnić telekonsultacje zdecentralizowane, prowadzone w trybie bezpośrednim (ang. *peer-to-peer*), tj. takie, w których komunikacja kierowana jest zawsze bezpośrednio do konkretnej osoby lub grupy osób, oraz telekonsultacje wymagające obecności dedykowanego, centralnego elementu pośredniczącego w komunikacji (ang. *client-server*). W drugim przypadku komunikujące się ze sobą strony odnoszą się do punktu centralnego, do którego przesyłają i z którego otrzymują informacje od pozostałych uczestników konsultacji.



Rys. 2. Klasyfikacja kontekstu informatycznego telekonsultacji

Systemy komunikacji bezpośredniej charakteryzują się zwykle większą niezawodnością, a niekiedy także większą efektywnością, w zapewnieniu komunikacji. Wiąże się to jednak ze zwiększoną złożonością aplikacji, szczególnie w przypadku realizacji telekonsultacji wielouczestnikowych. Do przeprowadzania komunikacji pomiędzy wieloma uczestnikami, np. na potrzeby rozproszonego konsylium lekarskiego, dużo bardziej pożądana jest obecność serwera, który przejmuje funkcje redystrybucji informacji przesyłanej od jednego uczestnika do pozostałych. Znacznie upraszcza to realizację strony klienckiej, a jednocześnie serwer może pełnić wiele dodatkowych funkcji, takich jak przechowywanie danych sesji telekonsultacyjnej, prowadzenie rejestru jej przebiegu itp.

Jednym z najważniejszych aspektów działania systemów telekonsultacyjnych jest sposób **organizacji komunikacji** pomiędzy uczestnikami, czyli sposób **współpracy lekarza zlecającego konsultację z ekspertem**. Z tego punktu widzenia można wyróżnić dwa sposoby prowadzenia telekonsultacji:

- **Telekonsultacje asynchroniczne** – takie, w których strony konsultująca i konsultowana pracują niezależnie od siebie: lekarz zlecający konsultację, po przygotowaniu zestawu badań pacjenta i opatrzeniu go stosownym opisem, kieruje go do specjalisty. Na tym etapie możliwe jest postawienie wstępnej diagnozy z prośbą o jej weryfikację. Specjalista otrzymujący dane, w dogodnym dla siebie czasie, dokonuje diagnozy, którą odsyła z powrotem do lekarza zlecającego. Najprostszym sposobem realizacji telekonsultacji w tym podejściu jest wykorzystanie poczty elektronicznej.
- **Telekonsultacje synchroniczne** – takie, w których komunikujące się ze sobą strony uczestniczą jednocześnie we wspólnej sesji telekonsultacyjnej. W stosunku do systemów pracy asynchronicznej systemy te wprowadzają interakcję, co znacząco poprawia jakość prowadzenia konsultacji: uczestnicy w zależności od możliwości systemu mogą mieć do dyspozycji połączenie głosowe, tekstowe (tzw. *chat*), czasem połączenie wideo oraz interaktywny wskaźnik, którym można zwracać uwagę na istotne obszary zainteresowania.

Telekonsultacje prowadzone w sposób synchroniczny tworzą współdzielone zdalnie stanowisko pracy podobne do tego, jakim dysponuje tradycyjne konsylium lekarskie. W środowisku medycznym będzie to obejmować współdzielenie dokumentacji medycznej, głównie obrazowej, oraz dostarczenie wszystkim uczestnikom kanału głosowego, którym mogą się oni porozumiewać. Wzbogacenie takiej sesji interaktywnej o dodatkowe media, np. obraz wideo, komunikację tekstową czy zdalny wskaźnik itp. czyni telekonsultacje synchroniczne jeszcze bardziej podobnymi do ich tradycyjnych odpowiedników.

Możliwość wspólnej, interaktywnej pracy nad tą samą dokumentacją medyczną jest bardzo istotną zaletą i stanowi często o przewadze takiego sposobu prowadzenia konsultacji nad trybem asynchronicznym. Bezpośrednia komunikacja lekarza zlecającego konsultację ze specjalistami i możliwość przeglądania tej samej dokumentacji może znacznie skrócić czas potrzebny do podjęcia diagnozy. Zaletą podejścia nieinteraktywnego, tj. realizowanego w trybie asynchronicznym, jest natomiast duża niezależność czasowa komunikujących się stron. Mimo to nakłady na odpowiednie przygotowanie danych do konsultacji nieinteraktywnej mogą być niekiedy tak duże, że lepszym rozwiązaniem będzie bezpośrednia komunikacja z konsylium w ramach konsultacji interaktywnej.

Ważną kwestią jest także klasyfikacja architektury informatycznej oprogramowania telekonsultacyjnego. Postęp w dziedzinie komputerów osobistych i środków łączności między nimi spowodował rozwój i popularyzację systemów rozproszonych, budowanych w architekturze klient-serwer, w której serwer stanowi dostawcę usługi żądanej przez klienta. Tendencją ostatnich lat była migra-

cja funkcjonalności strony klienckiej na stronę serwera, przez co aplikacje klienckie stawały się funkcjonalnie coraz mniej złożone – lżejsze³. Wynikające stąd kryterium podziału systemów telekonsultacyjnych ze względu na ich **architekturę** wprowadza systemy budowane na podstawie podejścia lekkiego i ciężkiego klienta. Typowymi systemami budowanymi zgodnie z modelem lekkiego klienta są systemy oparte na WWW. Systemy ciężkiego klienta to zwykle aplikacje wymagające instalacji w systemie operacyjnym. Na podstawie powyższych rozważań nie należy wnioskować, że model lekkiego klienta jest ewidentnie lepszy. Do jego zalet należy zaliczyć łatwość dostępu, choć we współczesnej praktyce wymagana jest często instalacja specjalnych wtyczek (ang. *plug-in*) umożliwiających poprawną pracę systemów WWW. Do zalet architektur z ciężkim klientem należy zaliczyć większą swobodę programisty aplikacji w jej implementacji i zazwyczaj lepsze możliwości organizacji graficznego interfejsu użytkownika.

Mając na uwadze proces telekonsultacji we wprowadzone powyżej kryteria klasyfikacji, kolejny punkt przedstawia najistotniejsze wymagania funkcjonalne, jakie powinny być postawione przed systemem wspomaganie prowadzenia zdalnych konsultacji.

10. Wymagania funkcjonalne systemów telekonsultacyjnych i przykłady ich realizacji

Biorąc pod uwagę przedstawioną w poprzednim punkcie klasyfikację, należy stwierdzić, że wymagania funkcjonalne najwyraźniej manifestują się w podziale systemów telekonsultacyjnych, ze względu na tryb komunikacji, na systemy synchroniczne i asynchroniczne. Pozostałe kryteria mają większy wpływ na tworzenie i instalację systemu, dlatego w dalszym ciągu przedstawiono opis wymagań funkcjonalnych systemów telekonsultacyjnych, wyróżniając tryb komunikacji.

Niezależnie jednak od przyjętej klasy rozwiązań wszystkie medyczne systemy telekonsultacyjne powinny cechować się pewnymi fundamentalnymi właściwościami, bez których trudno wyobrazić sobie ich działanie. Poniżej przedstawiono zestawienie tych cech:

- możliwość przetwarzania dokumentacji medycznej zapisanej zgodnie ze standardami DICOM i DICOM SR,
- zapewnienie mechanizmu dystrybucji dokumentacji medycznej,

³ Podana klasyfikacja architektur z lekkim/ciężkim klientem jest odpowiednikiem powszechnie przyjętego w literaturze angielskojęzycznej podziału *thin/thick client* – dosł. cienki/gruby.

- zapewnienie poufności i integralności komunikacji w sieciach publicznych,
- możliwość generowania raportów konsultacji zgodnie z DICOM SR, w tym obsługa podpisu elektronicznego na potrzeby diagnozowania,
- integracja z pozostałymi systemami medycznymi w ośrodku.

Podstawowym elementem podlegającym konsultowaniu w większości działów medycyny są **dane obrazowe** stanowiące wyniki badań pacjentów. Stąd też istotną kwestią jest zapewnienie diagnostycznej jakości tych danych, którą oferuje standard DICOM. Niemniej ważna jest także informacja opisująca kontekst przeprowadzonych badań, wywiad z pacjentem oraz badanie fizykalne. Pomimo postępu medycznych technologii obrazowych dane te nadal mają podstawowe znaczenie w interpretacji wyników badań dodatkowych i ich pominięcie może prowadzić do poważnych błędów interpretacyjnych. Dlatego też dane te powinny zostać zebrane w formie raportu DICOM SR i wspólnie z danymi obrazowymi powinny tworzyć kompletny zestaw dokumentacji medycznej podlegającej konsultowaniu.

Tak przygotowaną dokumentację lekarz zlecający powinien móc przetransferować do wskazanych specjalistów. System wspomagania prowadzenia telekonsultacji musi oferować stosowne mechanizmy przesyłu danych. Istotne jest przy tym, że rozmiar danych zebranych na potrzeby pojedynczej konsultacji może niejednokrotnie przekraczać 100 MB. Ich przesłanie musi wymagać zatem odpowiedniej ilości czasu, odpowiednich łączy sieciowych oraz pamięci dyskowej, a zarazem stosownych mechanizmów wymiany danych pozwalających na bezbłędną transmisję także w sieciach o niewielkiej szybkości.

Rozmiar danych medycznych wywiera ponadto zasadniczy wpływ na szybkość ich przetwarzania. Dotyczy to zwłaszcza badań z zakresu tomografii komputerowej, gdzie w wielu przypadkach pożądana jest rekonstrukcja trójwymiarowa badanych organów. Wytworzenie modelu trójwymiarowego oraz jego efektywne przetwarzanie: obracanie, modyfikowanie, np. poprzez zmianę wartości jednostek w skali Hounsfielda, jest obecnie realizowane zazwyczaj tylko na bardzo dobrze wyposażonych stacjach graficznych.

Dystrybucja danych medycznych poprzez publiczną sieć, np. Internet, musi być prowadzona w warunkach gwarantujących zachowanie ich poufności i integralności. Te same wymogi dotyczą sposobu przechowywania danych. Poufność zapewnia, że osoby niepowołane nie będą mogły mieć dostępu do kompletnych danych. Jedną z metod zapewnienia poufności jest szyfrowanie danych. W wielu przypadkach wystarczające może być jednak, dużo mniej złożone, przeprowadzenie anonimizacji danych, czyli pozbawienie ich personaliów pacjenta. Spowoduje to, że przejęcie zanonimizowanej dokumentacji nie pozwoli na identyfikację pacjenta. Podejście to powinno być stosowane zawsze, o ile to możliwe, a w szczególności w trakcie sesji publicznych lub instruktażowych. Wiąże się to jednak z koniecznością modyfikacji plików danych, co niekiedy może być kłopotliwe, gdyż zdarza się, że sprzęt diagnostyczny umieszcza dane personalne

pacjenta nie tylko w polach danych pliku DICOM, ale także na samym obrazie medycznym. Wtedy też ich zamazanie jest zabiegiem dużo bardziej kłopotliwym: dokonywane ręcznie zmusza lekarza do wykonania dodatkowej, żmudnej czynności, dokonywane automatycznie jest trudne w realizacji z uwagi na różnorodność sprzętu diagnostycznego.

Jeśli konsultacje prowadzą do wypracowania diagnozy (częściowej lub całkowitej), system powinien pozwalać na sporządzenie raportu opisanego w formie zgodnej z DICOM SR. Ułatwi to późniejsze dołączenie takiej diagnozy jako części dokumentacji medycznej w kolejnych konsultacjach danego pacjenta. Należy się także spodziewać, że po prawnym uregulowaniu kwestii odpowiedzialności za diagnozę podjętą zdalnie, raport będzie musiał zostać cyfrowo podpisany, stąd jego spójna postać będzie pożądana. System telekonsultacyjny powinien być przygotowany do sporządzania i obsługi raportów DICOM SR podpisanych cyfrowo.

Kolejnym wymogiem jest współpraca systemu telekonsultacji z istniejącymi systemami ośrodka medycznego, a w szczególności z archiwami typu PACS przechowującymi dane obrazowe. Dzięki temu wyszukiwanie danych może odbywać się w jednolity sposób, a dodatkowo unika się duplikowania danych przez system telekonsultacji.

Przedstawione powyżej wymagania stanowią podstawę realizacji nowoczesnego, zaawansowanego systemu wspomaganie prowadzenia zdalnych konsultacji i powinny zostać uzupełnione o wymagania specyficzne dla rozwiązań poszczególnych klas, przedstawionych na rys. 2. Zaprezentowane przykłady istniejących systemów telekonsultacyjnych, czy niekiedy prototypy takich systemów, nie zawsze będą jednak potrafiły sprostać określonym wymaganiom. Należy mieć jednakże nadzieję, że rozwój telemedycyny w obszarze zdalnych konsultacji zaowocuje powstaniem odpowiednich narzędzi.

11. Systemy telekonsultacji asynchronicznej

Wymagania systemów wspomagających prowadzenie zdalnych konsultacji w trybie asynchronicznym powinny zostać uzupełnione o dostarczenie użytkownikom pewnych standardowych narzędzi konsultacyjnych, takich jak: możliwość zaznaczania obszaru zainteresowania, kreślenia prostych figur geometrycznych (elipsa, prostokąt, odcinek), możliwość wykonywania podstawowych pomiarów (odległość, kąt, pole powierzchni). Dobrze jednak, gdy systemy telekonsultacji pozwalają również na wykonywanie pomiarów specjalistycznych właściwych konkretnym dziedzinom medycznym, np. pomiary VTI czy PHT dla echokardiografii. Ma to o tyle istotne znaczenie, że pozwala na większe oddzielenie

fazy akwizycji danych od ich analizy. Lekarz, pracując z wykorzystaniem odpowiedniego oprogramowania, może prowadzić analizę wyników badań w sposób bardzo zbliżony do tego, jaki oferuje aparatura medyczna.

Niewątpliwą zaletą modelu asynchronicznego wynikającą z niewielkiej zależności czasowej uczestników konsultacji jest to, że wymagania stawiane sieci komputerowej nie wykraczają właściwie ponad te potrzebne do transferu dokumentacji medycznej. Ocena danych pacjenta dokonywana jest bowiem lokalnie na komputerze eksperta, który ostatecznie odsyła jej wynik do lekarza zlecającego zdalną konsultację.

Jednym z najprostszych podejść do prowadzenia telekonsultacji medycznych w trybie asynchronicznym jest wykorzystanie poczty elektronicznej jako kanału transmisyjnego. Komunikacja w tego typu rozwiązaniach należy do klasy *peer-to-peer* i przebiega z wykorzystaniem architektury lekkiego klienta. Mimo że podejście to pozbawione jest istotnych cech, którymi powinien charakteryzować się system telekonsultacyjny (m.in. brakiem poufności przesyłanych danych), może być skutecznym rozwiązaniem w przypadku konsultacji odbywających się sporadycznie na zasadach *ad hoc*. Ponadto ważną jego zaletą jest łatwość organizacji komunikacji z wieloma uczestnikami oraz szeroka dostępność usługi w sieci Internet.

Bardziej zaawansowanym rozwiązaniem na potrzeby telekonsultacji asynchronicznych jest system KONSUL (Duplaga, Zieliński, Ingram 2004) opracowany w szpitalu im. Jana Pawła II w Krakowie, który służy do konsultacji filmów z badania koronarograficznego. KONSUL to system klient-serwer wykorzystujący do komunikacji technologie internetowe. Do zapisu dokumentacji na serwerze stosowany jest klient protokołu FTP, do przeglądania i analizy badań przeglądarka internetowa, a rezultaty konsultacji wędrują z powrotem do lekarza zlecającego w listach przesyłanych pocztą elektroniczną. Dzięki systemowi KONSUL specjalista kardiochirurg może ocenić filmy zarejestrowane w ośrodkach odległych o kilkaset kilometrów i ewentualnie zakwalifikować pacjenta do operacji pomostowania aortalno-wieńcowego. Unika się w ten sposób niepotrzebnych wizyt w ośrodku specjalistycznym, a pacjent zgłasza się w wyznaczonym terminie do hospitalizacji w celu przeprowadzenia zabiegu.

Asynchroniczny tryb realizacji telekonsultacji może być zaimplementowany z wykorzystaniem typowych technologii internetowych (Clunie 2000; Pek, Loncaric, Margan; Zieliński, Cała, Czekierda, Zieliński 2004). Ułatwia to znacznie korzystanie z systemu przez lekarzy, którzy nie muszą instalować dodatkowego oprogramowania, a jednocześnie technologie te są na tyle zaawansowane, że pozwalają zrealizować większość przedstawionych wcześniej wymagań. Z użyciem tych technologii możliwe jest także opracowanie systemów telekonsultacyjnych zapewniających komunikację synchroniczną (Kahina, Hatem 2004).

12. Systemy telekonsultacji synchronicznej

Systemy realizowane w trybie asynchronicznym nie oferują cechy interaktywności pomiędzy lekarzami uczestniczącymi w procesie diagnostycznym. Cecha ta powinna być uznana za kluczową, gdyż odpowiada ona modelowi pracy lekarzy specjalistów w sytuacji zmierzania się z trudnym przypadkiem, szczególnie gdy rozpoznanie opiera się na analizie dyskusyjnych obrazów diagnostycznych. W ramach jednego ośrodka medycznego stosunkowo wygodnym sposobem prowadzenia tego typu telekonsultacji może być wykorzystanie systemu PACS. Lekarze znajdujący się w różnych pomieszczeniach szpitala mogą prowadzić konsultację, korzystając z dostępnych im danych zgromadzonych w systemie archiwizacji, dzięki np. rozmowie telefonicznej.

Udostępnianie danych i komunikacja głosowa to jednak tylko dwa elementy, które stanowią o przydatności systemu zdalnych, synchronicznych konsultacji. Dostarczenie konsultantom dodatkowych narzędzi interaktywnych korzystnie wpływa na jakość pracy, a telekonsultacja bardziej przypomina tradycyjną konsultację. Podstawowymi narzędziami dostępnymi w takich systemach są:

- interaktywny wskaźnik, który umożliwia wskazywanie przez uczestników obszarów zainteresowania,
- narzędzia do kreślenia prostych figur geometrycznych (m.in. linia, elipsa, prostokąt), dzięki którym można łatwo wyróżniać obszary zainteresowania,
- narzędzia komunikacji interaktywnej: tekstowej (typu *chat*), głosowej czy wideo.

Warto zauważyć, że narzędzia te stanowią także podstawę działania multimedialnych systemów telekonferencyjnych ogólnego przeznaczenia, np. Microsoft NetMeeting. Od aplikacji do telekonsultacji medycznych odróżnia je jednak m.in. brak specjalizowanych narzędzi do przetwarzania dokumentacji medycznej zapisanych w formie plików DICOM czy DICOM SR oraz zdecydowanie niższy poziom wymaganego bezpieczeństwa i poufności przesyłanych danych.

Prowadzenie telekonsultacji medycznych z wykorzystaniem narzędzi interaktywnej komunikacji multimedialnej staje się możliwe dzięki wydajności współczesnych sieci komputerowych. Istotny przy tym jest fakt, że odległość konsultujących się stron nie wpływa znacząco na uzyskiwane opóźnienia w komunikacji⁴, co rozszerza możliwości zastosowania. Implementacja synchronicznych systemów telekonsultacyjnych jest jednak dużo bardziej złożona niż systemów pracujących asynchronicznie. Oprócz wszystkich wymagań stawianych systemom pracy asynchronicznej muszą one zapewnić wydajną komunikację interaktywną, a to wiąże się z zagwarantowaniem:

⁴ Autorzy mają doświadczenia w efektywnym prowadzeniu komunikacji interaktywnej pomiędzy Krakowem i Phoenix w Stanach Zjednoczonych. Opóźnienia łącza przy przesyłaniu danych wynosiły ok. 100 ms w jednym kierunku.

- niewielkiego opóźnienia komunikacyjnego w obie strony (RTT – ang. Round Trip Time), które zgodnie z normami organizacji ITU-T nie powinno przekroczyć 250 ms. Wymóg ten musi być spełniony dla wszystkich wykorzystywanych mediów – głosu, obrazu, tekstu, synchronizacji sesji,
- odpowiednio szerokiego pasma i jakości transmisji o małym poziomie zakłóceń. Strumień głosu od jednego uczestnika wymaga od kilkudziesięciu do blisko 100 kb/s⁵, a obraz o jakości wideokonferencyjnej wymaga co najmniej 256 kb/s, a lepszej nawet powyżej 1,5 Mb/s,
- komunikacji bez zapór sieciowych i innych ograniczeń administracyjnych mogących uniemożliwiać przesył strumienia mediów.

Warunki te są stosunkowo łatwo osiągalne w sieci lokalnej, np. w sieci szpitalnej, jednak w sieciach rozległych, takich jak Internet, ich spełnienie może być trudne ze względu na zwykle mniejsze pasmo, brak gwarancji jakości usług tzw. QoS oraz różne obszary administracyjne sieci. Mimo to, jak pokazuje doświadczenie autorów, prowadzenie zdalnych konsultacji medycznych w sieciach rozległych, w trybie synchronicznym jest możliwe i bardzo dobrze przyjmowane w środowisku medycznym.

Aplikacja do pracy synchronicznej, oprócz wymienionych, typowych usług telekonferencyjnych, powinna posiadać dodatkowe cechy przydatne w zdalnych konsultacjach medycznych. Synchronizacja pracy powinna zapewniać, że akcje wykonywane przez jednego z uczestników przenoszone są na stanowiska wszystkich pozostałych tak, aby możliwe było np. symultaniczne oglądanie ruchomych obrazów, na których można pokazywać wybrane struktury i dokonywać ich pomiarów, a wszystko to wzbogacone komunikacją głosową z konsultującym. Takie podejście może ułatwić kwalifikację chorych do różnych procedur medycznych, poprawić jakość i trafność konsultacji opartych dotychczas tylko na łączności telefonicznej oraz zmniejszyć liczbę pacjentów przewożonych na konsultacje do ośrodków referencyjnych. Wspólna analiza obrazów z konsultującym doświadczonym lekarzem może ułatwić postawienie jak najwcześniej właściwego rozpoznania, może też mieć istotne walory edukacyjne dla obserwatorów takiej konsultacji.

Obecnie na rynku dostępnych jest kilka systemów telekonsultacji medycznych pozwalających na prowadzenie interaktywnych sesji, które tworzą środowisko pracy dla współpracujących lekarzy:

- **TeleConsult** (DiViSy) – obsługuje pliki DICOM dwu- i trójwymiarowe, które mogą być przesyłane pomiędzy uczestnikami zarówno przed samą konsultacją (tzw. tryb *off-line*) oraz w czasie konsultacji (tryb *online*). Aplikacja oparta jest na rozwiązaniu ScanNT, które specjalizowane jest na potrzeby ultrasonografii. Interakcja wspomagana jest przez synchronizowany wskaźnik,

⁵ Wartości szacowane z uwzględnieniem narzutu informacji kontrolnej dla typowej enkapsulacji RTP/UDP/IP wraz z warstwą łącza danych i typową pakietyzacją: 20 ms głosu na pakiet.

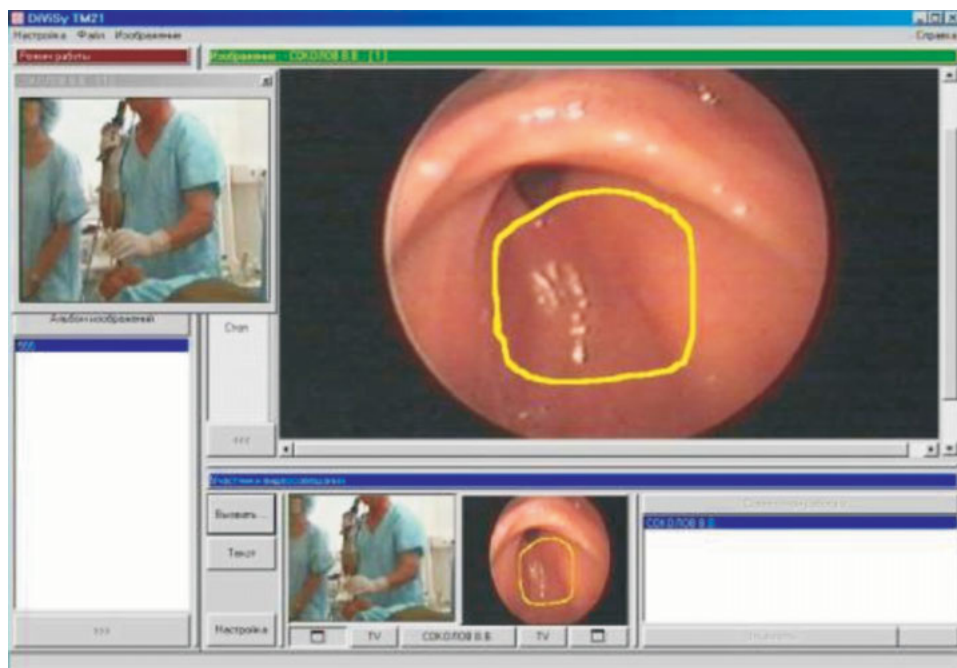
komunikator tekstowy, adnotacje w postaci prostych figur geometrycznych. System przeznaczony jest do pracy na łączach sieciowych o niewielkiej przepustowości, np. analogowe linie telefoniczne, sieci ISDN itp.



- **DiViSy TM21 (DiViSy)** – to jedno z kilku dostępnych rozwiązań opracowanych przez Digital Video Systems Group. TM21 jest programowo-sprzętowym systemem, w którym sesja interaktywna jest oparta na pięciu kanałach informacyjnych: dwóch kanałach transmisji wideo, kanale informacji telemetrycznej, pełnoduplexowym kanale komunikacji głosowej oraz kanale komunikacji tekstowej. Kanały wideo wysokiej jakości⁶ pozwalają na prowadzenie telekonsultacji z wielu dziedzin, takich jak endoskopia, okulistyka, otolaryngologia, neurochirurgia i in. Prowadzenie badania może być sterowane poprzez dostępny kanał informacji telemetrycznej, przez który ekspert może na bieżąco sterować lokalnymi i zdalnymi urządzeniami medycznymi, wpływając na sposób akwizycji danych. Sesja interaktywna wspierana jest komunikacją głosową i tekstową. Możliwości transmisyjne systemu ograniczane są jedynie przez wydajność sieci komputerowej, a sam system testowany był na łączach od 9,6 kb/s do 8 Mb/s. System DiViSy TM21

⁶ Rozdzielczość obrazu wideo dla kamer analogowych 768 × 576 lub maksymalna rozdzielczość obrazu kamery cyfrowej.

przeznaczony jest przede wszystkim do pracy na salach operacyjnych, ale także bezpośrednio do współpracy z urządzeniami generującymi dane DICOM.



- **MedVizer** (MedVize) – to systemy oferowane w kilku wersjach przeznaczonych dla różnych specjalności, takich jak: telechokardiografia, teleradiologia, teleultrasonografia, a także w wersji ogólnego przeznaczenia do wymiany danych pacjenta w formie plików DICOM wzbogacanych przez adnotacje tekstowe, dźwiękowe lub graficzne. Przygotowanie danych może odbywać się przed sesją, jak również w trakcie trwania telekonsultacji, w której do dyspozycji uczestników są dane pacjenta oraz kanał wideokonferencyjny.
- **TeleDICOM** (DiViSy) – w swoich założeniach to system składający się z dwóch podsystemów: podsystemu dystrybucji danych oraz podsystemu komunikacji interaktywnej. Zadaniem podsystemu dystrybucji danych jest dostarczenie plików z badaniami pacjenta do wszystkich uczestników biorących udział w sesji interaktywnej. Podsystem komunikacji interaktywnej jest najbardziej zbliżony do rozwiązania TeleConsult, ale rozszerza je o możliwość komunikacji głosowej oraz specjalistyczne narzędzia pomiarowe,



13. TeleDICOM jako nowoczesny system telekonsultacyjny

TeleDICOM jest rozproszoną aplikacją umożliwiającą grupie konsultantów wspólną interaktywną pracę nad dokumentacją medyczną w postaci plików graficznych przedstawiających wyniki badań pacjentów. Wszelkie akcje wykonane przez każdego z uczestników takiej sesji są natychmiast rozsyłane do pozostałych uczestników. Mają oni m.in. możliwość powiększania i animowania konsultowanych dokumentów, wyróżniania ich fragmentów, używania specjalistycznych narzędzi pomiarowych oraz wskaźników. Podstawowymi dokumentami używanymi podczas konsultacji w aplikacji TeleDICOM są pliki w formacie DICOM, choć możliwe jest także dołączenie plików w formatach ogólnego przeznaczenia, jak np. JPEG, AVI lub GIF. TeleDICOM zapewnia ponadto uczestnikom konsultacji zintegrowaną komunikację głosową oraz możliwość wymiany komunikatów tekstowych. Środowisko to stanowi zatem unikalne połączenie zaawansowanej aplikacji wyświetlającej dokumenty medyczne z wydajnym środowiskiem pozwalającym na współdzielenie stanowiska pracy i systemu telekonferencyjnego.

Prototyp systemu powstał w Katedrze Informatyki AGH przy współpracy z Kliniką Choroby Wieńcowej Instytutu Kardiologii Collegium Medicum UJ i był z powodzeniem demonstrowany podczas VII, VIII i IX Małopolskich Warsztatów Echokardiograficznych, zyskując duże zainteresowanie uczestników.

Ważnym etapem rozwoju każdej aplikacji powinna być jej krytyczna ocena przez docelowych użytkowników. Weryfikacja, jakiej została poddana aplikacja TeleDICOM, miała na celu ocenę jakości wyświetlanych obrazów, poprawności synchronizacji sesji i jakości komunikacji głosowej. Ponad 300 lekarzy – uczestników IX Małopolskich Warsztatów Echokardiograficznych – pozytywnie oceniło ergonomię i funkcjonalność oprogramowania TeleDICOM.

Jednym z najważniejszych aspektów weryfikacji jest także poprawność dokonywanych w aplikacji pomiarów. Sposób zapisu wyniku badania do postaci pliku DICOM przez np. echokardiograf może być powodem błędów kalibracyjnych, ponadto precyzja sterowania kursorem ekranowym za pomocą myszy komputerowej może odbiegać od dokładności manipulatora echokardiografu. Niedokładności pomiarów mogą również wynikać z błędów popełnionych w implementacji narzędzi pomiarowych. Rezultaty przeprowadzonych **testów zgodności wyników pomiarów** wykonywanych na plikach DICOM w aplikacji TeleDICOM cechowały się bardzo dużą zgodnością (przekraczającą 95–98%) z wartościami oryginalnymi. Przekonani o wyższości prowadzenia telekonsultacji w trybie synchronicznym, autorzy są jednak świadomi, że w wielu prostszych przypadkach bardziej odpowiednim modelem może być podejście wykorzystujące asynchroniczny tryb telekonsultacji. Stąd też została opracowana również wersja systemu na takie potrzeby.

W podejściu asynchronicznym lekarz zlecający przygotowuje wymagane wyniki badań obrazowych, opcjonalnie dokonując na nich wstępnych pomiarów i oznaczeń, które mogą być pomocne dla konsultanta. Wszystkie te informacje zapisywane są w specjalnym pliku i udostępniane konsultantowi, który po ich wczytaniu dokonuje diagnozy i zapisuje rezultat przekazywany lekarzowi zlecającemu. W tej wersji TeleDICOM był wykorzystywany w ostatnim czasie w badaniach, prowadzonych wśród kilkunastu ekspertów z obszaru południowej Polski, mających na celu **weryfikację metody automatycznej oceny objętości lewej komory serca**. Są to badania prowadzone m.in. przez Katedrę Elektroniki AGH w ramach projektu współfinansowanego przez KBN⁷. W ramach tych prac ekspert otrzymywał serię wyników badań z zaznaczonymi adnotacjami zlecającego, wykonywał wskazane pomiary (obrys lewej komory serca widocznej w projekcji dwu- i czterojamowej w skurczu i rozkurczu) i ich wyniki dodawał do pliku ze zleceniem.

TeleDICOM może być również wykorzystywany jako **przeglądarka plików DICOM**, wspomagając lekarza w jego codziennej pracy. Jej funkcjonalność w zakresie obsługi badań echokardiograficznych zdecydowanie przewyższa wszystkie znane autorom, dostępne darmowo przeglądarki plików DICOM.

Jedną z istotnych zalet sieciowej wersji aplikacji TeleDICOM jest jej bardzo wydajna komunikacja sieciowa. Transfer danych odbywa się przed konsultacją, co powoduje, że uczestnicy mogą z wyprzedzeniem stosownym do parametrów łącza sieciowego zgromadzić potrzebne w czasie konsultacji dane. W czasie samej konsultacji wystarczające jest łącze o niewielkiej przepustowości rzędu 128 kb/s. Z powodzeniem przeprowadzono testy aplikacji także przy wykorzystaniu publicznej sieci komórkowej i technologii GPRS, EDGE i UMTS.

Dobre przyjęcie systemu w środowisku medycznym nie zatrzymuje jednak prac prowadzonych w celu uzupełnienia i dopracowania istniejącej aplikacji tak, aby spełniała ona wszystkie wymienione dotąd wymagania stawiane w pełni profesjonalnemu środowisku wspomagania w zakresie prowadzenia telekonsultacji. Co więcej, zaprezentowana poniżej wizja rozwoju systemu wykracza ponad to, plasując planowane rozwiązanie jako jedną z najnowocześniejszych propozycji na potrzeby prowadzenia zdalnych konsultacji medycznych.

⁷ Projekt KBN pt. *Ocena funkcji lewej komory serca metodami cyfrowego przetwarzania obrazów echokardiograficznych – zastosowanie kliniczne* pod kierownictwem dr. inż. Jerzego Kasperka.

14. Kierunki rozwoju systemu TeleDICOM

Rozwój systemu TeleDICOM jest planowany w czterech aspektach:

- funkcjonalności,
- ergonomii pracy,
- architektury systemu,
- integracji z systemami szpitalnymi.

Funkcjonalność systemu TeleDICOM może być rozszerzana w kierunku pełniejszej obsługi specjalności innych niż echokardiografia. Obecnie realizowane są prace z zakresu trójwymiarowej rekonstrukcji badań tomografii komputerowej i możliwości synchronizacji trójwymiarowej sceny w sesji z wieloma uczestnikami. Z pewnością system powinien być także rozszerzony o możliwości przetwarzania i generowania raportów w formie DICOM SR oraz obsługę podpisu cyfrowego, co umożliwi bardziej odpowiedzialne wykorzystanie systemu.

Ważnym kierunkiem rozwoju jest także podjęcie próby decentralizacji komunikacji w systemie poprzez określenie pojedynczych odbiorców lub całych grup, do których kierowane mają być zgłoszenia o konsultacji. Ma to na celu jeszcze większe upodobnienie pracy z systemem do konsultacji prowadzonych tradycyjnie.

W zakresie ergonomii planuje się realizację spersonalizowanego stanowiska pracy, tj. sposobu prezentacji dokumentów medycznych, który może być swobodnie dostosowany przez użytkownika. Ten kierunek jest podyktowany obecnymi trendami w zakresie budowy graficznych interfejsów użytkownika, a trudność w jego realizacji polega na znalezieniu kompromisu pomiędzy nowoczesnymi interfejsami aplikacji komputerowych i dobrze znanymi lekarzom interfejsami aparatury diagnostycznej.

Planuje się ponadto polepszenie ergonomii pracy przy wykorzystaniu technik przepływu zadań (ang. *workflow*). Doświadczenia zdobyte przez autorów w trakcie prac nad oceną objętości lewej komory serca wykazały potrzebę uzupełnienia aplikacji o moduł wskazujący konsultantowi kolejne, oczekiwane kroki postępowania. Takie rozszerzenie może być także bardzo pomocne przy zastosowaniu systemu do kształcenia lekarzy i studentów.

Z punktu widzenia architektury planuje się przebudować system TeleDICOM tak, aby był zgodny z najnowszymi kierunkami w budowie aplikacji rozproszonych. Ułatwi to późniejszą modularyzację i dostosowanie środowiska na potrzeby konkretnych wdrożeń. Podobnie funkcjonalność samej aplikacji klienckiej planuje się uzależnić od dostępu do odpowiednich modułów ładowanych dynamicznie bez konieczności ponownej instalacji aplikacji. Pozwoli to m.in. poprawić sposób dokonywania uaktualnień systemu.

Ostatnim, choć niemniej ważnym aspektem rozwoju systemu TeleDICOM jest jego integracja z istniejącymi systemami szpitalnymi. Będzie ona obejmo-

wać przede wszystkim współpracę z systemami PACS, a w przyszłości także RIS, HIS i innymi.

15. Podsumowanie

Telemedycyna powinna być postrzegana jako rezultat naturalnego procesu wykorzystania technologii informatycznych i telekomunikacyjnych w diagnostyce medycznej i opiece nad chorymi. W niniejszym rozdziale zawężono rozważania, koncentrując się jedynie na kwestiach zdalnego dostępu do danych medycznych, telediagnostyki, a w szczególności telekonsultacji. Dziedziny te, podobnie jak cała telemedycyna, rozwijają się w ostatnich latach bardzo dynamicznie, dlatego też w celu usystematyzowania pojęć przedstawiono kontekst, w jakich odbywa się ten rozwój, oraz dokonano klasyfikacji systemów telemedycznych z uwzględnieniem najistotniejszych aspektów ich działania.

Powstające rozwiązania na potrzeby prowadzenia zdalnych konsultacji medycznych mają coraz doskonalszą formułę, która stara się przenieść najlepsze cechy konsultacji prowadzonych tradycyjnie – swobodną komunikację lekarza z ekspertem, wygodny dostęp do dokumentacji medycznej – na grunt systemów teleinformatycznych.

Rozwój systemów telekonsultacji ma też niewątpliwie istotny wpływ na zdalną diagnostykę. Już teraz nowoczesne oprogramowanie konsultacyjne pozwala w znaczny sposób oddzielić proces analizy wyników badań od ich akwizycji. Bez przeszkód można sobie też wyobrazić, że stroną zdalnie udzielającą porady będzie, zamiast lekarza specjalisty, system komputerowego wspomaganie diagnostyki – CAD (ang. Computer Aided Diagnosis). Upowszechnienie wykorzystania narzędzi telediagnostycznych może mieć także istotny wpływ na popularyzację operacji prowadzonych na odległość. Mechanizmy komunikacji wykorzystywane w tych sytuacjach nie odbiegają znacznie od stosowanych w zdalnych konsultacjach.

Wymienione czynniki stanowią o atrakcyjności prowadzenia konsultacji na odległość, dzięki czemu należy się spodziewać, że systemy telekonsultacyjne będą coraz częściej spotykane w placówkach medycznych.

Literatura

- Chronaki C., Kostomanolakis S., Lelis P. i in., 2000: *Integrated teleconsultation services in cardiology*. Proceedings of the 27th annual conference of Computers in Cardiology, Cambridge, Massachusetts, 24–27 September.
- Clunie D.A.: *DICOM structured reporting*, 2000. PixelMed Publishing.
- Duplaga M., Zieliński K., Ingram D. (eds.), 2004: *Transformation of healthcare with information technologies*. „Technology and Informatics”, 105.
- Gackowski A., Chrustowicz A., Czekerda Ł. i in.: *Wieloośrodkowa ocena przydatności klinicznej systemu telekonsultacji echokardiograficznej TeleDICOM-echo*. „Polski Przegląd Kardiologiczny” [praca w druku].
- Kahina S., Hatem H.: *Medical Teleconsultation System*. International Conference on Information & Communication Technologies: from Theory to Applications – ICTTA'04, Damascus, Syria 2004.
- Keen C., 2005: *Cardiology PACS gain momentum in Europe*. PACSweb. <http://www.diagnosticsimaging.com/pacswebcardio/features/showArticle.jhtml?articleID=169400366>.
- Pek E., Loncaric S., Margan A.: *Internet-based medical teleconsultation system*. Proceedings of ICTTA'04 Conference.
- Podolec P., Tracz W., Hoffman P., Gackowski A. (red.), 2006: *Echokardiografia praktyczna*. T. 4. *Medycyna praktyczna*. Kraków.
- Thomas J.P., Main M.L., 1998: *Digital echocardiographic laboratory: Where do we stand?* American Society of Echocardiography.
- Zieliński K., Cała J., Czekerda Ł., Zieliński S., 2004: *Collaborative telecardiology*. Proceedings of 4th International Conference on Computational Science – ICCS 2004, Springer LNCS 3039, p. 1172 ff, 6–9 June, Kraków, Poland.
- Zieliński K., Duplaga M., Ingram D. (eds.), 2006: *Information technology solutions for healthcare*. Health Informatics Series, Springer-Verlag.
- Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM), Part 10: *Media storage and file format for media interchange*, 2004. National Electrical Manufacturers Association, USA.
- DICOM. <http://medical.nema.org>.
- Health level seven. <http://www.hl7.org>.
- Logical observations identifiers, names, codes. <http://www.loinc.org>.
- Systematized nomenclature of medicine, clinical terms. SNOMED International, <http://www.snomed.org>.
- Witryna portalu Telezdrowie z serwisami *Słysz, Mów, Widz*. Katedra Systemów Multimedialnych Politechniki Gdańskiej oraz Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu. <http://www.telezdrowie.pl>.
- Witryna systemu DiViSy TM21: http://www.divisy.ru/telemed_en.shtml.
- Witryna rodziny systemów MedVizer: http://www.vitelnet.com/Telemedicine/tm_main.htm.
- Witryna systemu TeleConsult: <http://www.medcom-online.de/applications/networking/teleconsult/teleconsult.htm>.
- Witryna systemu TeleDICOM: <http://www.teledicom.pl>.

R o z d z i a ł 4

WSPOMAGANIE KOMUNIKACJI I DECYZJI W ŚRODOWISKU USŁUG TELEMEDYCZNYCH

Roman Słowiński, Jerzy Błaszczyński, Szymon Wilk

Streszczenie: W pracy zaprezentowano wstępną charakterystykę i klasyfikację klinicznych systemów wspomaganie decyzji. Przedstawiono w niej również dwie filozofie tworzenia takich systemów, których przykładami są system MET (Mobile Emergency Triage), mobilny system do wspomaganie wstępnego rozpoznania pacjentów z różnymi typami bólu w izbie przyjęć szpitala oraz dostępny poprzez sieć szerokopasmową portal Telemedycyna Wielkopolska, służący do wspomaganie komunikacji i pracy grupowej użytkowników z różnych ośrodków ochrony zdrowia, a zwłaszcza ośrodków o różnych stopniach referencji. Doświadczenia z systemem MET pokazują, że istnieje zapotrzebowanie na kliniczne systemy wspomaganie decyzji dostosowane do przyjętych procedur postępowania oraz integrujące się z istniejącą elektroniczną kartoteką pacjentów. Z drugiej strony, rozwój szerokopasmowych sieci komputerowych oraz rosnąca liczba szpitali, która jest do nich podłączona, przyczynia się do coraz większego zainteresowania portalowymi systemami klinicznymi do wspomaganie decyzji.

Słowa kluczowe: usługi telemedyczne, wspomaganie komunikacji, wspomaganie decyzji, system MET

Abstract: In this chapter, we present a preliminary description and classification of clinical decision support systems. We also present two philosophies of designing such systems, examples of which include: MET (Mobile Emergency Triage), a mobile system for supporting triage for patients with various kinds of acute pains, used in hospital emergency departments, and a portal available over a broadband network – Telemedycyna Wielkopolska – which facilitates communication and team working for users from different health care centres, and especially from centres of different expertise levels. Experience with the MET system indicates that there is a need for clinical decision support systems that conform to the adopted procedures and integrate with the existing electronic health record systems. On the other hand, the development of broadband networks and the increasing number of hospitals connected to them contribute to the growing interest in clinical portals for decision support.

Keywords: telemedical services, communication support, decision support, MET system

1. Wprowadzenie

Podjęcie decyzji klinicznych wymaga sprawdzenia i analizy dużej ilości różnego typu danych (Hunt, Haynes, Hanna, Smith 1998; Anderson 1997). Ta ilość danych, w połączeniu z rosnącym tempem ich pozyskiwania (zjawisko to jest często określane terminem strumienia danych (Hanson, Marshall 2001)), powoduje, że ich gromadzenie w tradycyjnych (papierowych) kartotekach pacjentów oraz ich ręczna analiza mogą prowadzić do błędów i opóźnień w procesie decyzyjnym. Ciągłe dążenie do poprawy procesu leczenia i jego efektów (Hunt, Haynes, Hanna, Smith 1998) narzuca też konieczność podejmowania decyzji efektywnych z punktu widzenia kosztów opieki medycznej (de Dombal, Leaper, Staniland, McCann, Horrocks 1992). Zgodnie z postulatem medycyny opartej na dowodach naukowych (ang. *evidence based medicine*) (Sackett, Rosenberg, Gray, Haynes, Richardson 1996) decyzje te powinny być oparte na sprawdzonych faktach i wynikach najnowszych badań.

Ilość gromadzonych danych klinicznych oraz coraz większe wymagania co do jakości i efektywności podejmowanych decyzji prowadzą do rosnącego zainteresowania klinicznymi systemami wspomaganie decyzji (ang. *clinical decision support systems*) i do coraz powszechniejszego wdrażania ich w praktyce klinicznej. Pojęcie klinicznego systemu wspomaganie decyzji nie jest określone w sposób precyzyjny. Często system taki definiuje się jako system komputerowy, który w dowolny sposób pomaga personelowi medycznemu w podejmowaniu decyzji klinicznych (Musen, Shahar, Shortliffe 2001). Definicja ta jest bardzo pojemna i zwyczajowo rozważa się następujące klasy klinicznych systemów wspomaganie decyzji (Musen, Shahar, Shortliffe 2001):

- **Systemy do zarządzania informacją.** Systemy z tej klasy zapewniają personelowi medycznemu dostęp do wiedzy i danych medycznych. W zależności od rodzaju udostępnianej i przetwarzanej informacji dzieli się je na systemy do zarządzania wiedzą medyczną (np. elektroniczne wersje leksykonów czy atlasów) i na systemy do zarządzania danymi pacjentów. Te ostatnie są często określane mianem elektronicznej kartoteki (ang. *electronic health record*) (Shortliffe 1993).
- **Systemy do alarmowania i przypominania.** Systemy z tej klasy stosowane są w laboratoriach do informowania o wynikach wykracających poza normy, w aptekach szpitalnych do sprawdzania i wskazywania niekorzystnych oddziaływań między zapisanymi lekami, w przychodniach i na oddziałach szpitalnych do przypominania personelowi klinicznemu o określonych zadaniach (np. szczepieniach) i ostrzegania o możliwym ryzyku (np. uczuleniach pacjenta na pewne leki).

- **Systemy do podpowiadania i sugerowania.** Systemy z tej klasy dostarczają sugestie i propozycje decyzji dotyczących poszczególnych pacjentów, biorąc pod uwagę informacje na temat ich stanu. Wykorzystują one bardzo zróżnicowane techniki w celu generowania podpowiedzi i propozycji decyzji, począwszy od implementacji przyjętych procedur i sposobów postępowania (S é r o u s s i, B o u a u d, A n t o i n e 2001), a skończywszy na technikach sztucznej inteligencji (H a n s o n, M a r s h a l l 2001).

Klasyfikacja klinicznych systemów wspomaganie decyzji nie obejmuje systemów do wspomaganie komunikacji i pracy grupowej, które funkcjonują jako niezależna grupa systemów telemedycznych (D o r m a n 2000; F a r a n d, L a f r a n c e, A r o c h a 1998). Systemy telemedyczne znane są w praktyce klinicznej niemal tak samo długo jak systemy do zarządzania informacją, jednak dopiero rozwój szerokopasmowych sieci komputerowych przyczynił się do ich rozpowszechnienia. Ułatwiając wymianę wiedzy i doświadczenia między personelem medycznym, systemy te w znaczący sposób wspomagają podejmowanie decyzji klinicznych, dlatego warto uwzględnić je w powyższej klasyfikacji jako dodatkową kategorię systemów wspomaganie decyzji.

Przytoczona wcześniej definicja klinicznych systemów wspomaganie decyzji jako systemów komputerowych w dowolny sposób pomagających personelowi medycznemu w podejmowaniu decyzji jest bardzo ogólna i zgodnie z nią każdy system komputerowy wykorzystywany w warunkach klinicznych można uznać za system wspomaganie decyzji. Dlatego też rozważany jest również jej bardziej precyzyjny wariant ograniczony do systemów komputerowych, które na podstawie informacji opisujących aktualny stan pacjenta oraz wbudowanej wiedzy klinicznej dostarczają ocen, ostrzeżeń lub zaleceń specyficznych dla pacjenta (H u n t, H a y n e s, H a n n a, S m i t h 1998). Definicja ta obejmuje zatem systemy do podpowiadania i sugerowania oraz systemy do alarmowania i przypominania.

W dalszej części pracy zostanie przyjęta bardziej precyzyjna definicja klinicznych systemów wspomaganie decyzji, ograniczona do systemów wykorzystujących informacje specyficzne dla pacjenta i dostarczających specyficznych wskazań lub przypomnień. Pozostałe klasy systemów, które zgodnie z wcześniejszą definicją również uznano za systemy wspomaganie decyzji – systemy do zarządzania informacją oraz systemy do wspomaganie komunikacji i pracy grupowej – zostaną potraktowane jako oddzielne kategorie klinicznych systemów informacyjnych.

Kliniczne systemy wspomaganie decyzji pomagają w rozwiązywaniu różnego typu problemów klinicznych, są używane w różnych miejscach i przez różnych użytkowników. Jednak pomimo takiej różnorodności wszystkie powinny spełniać następujące wymagania (K a w a m o t o, H o u l i h a n, B a l a s, L o b a c h 2005; P e l e g, T u 2006; R a m n a r a y a n, B r i t t o 2002):

- powinny dopasowywać się do istniejących sposobów pracy i procedur postępowania personelu medycznego – to również oznacza, że powinny być dostępne w miejscu i czasie, w którym pojawia się problem decyzyjny wymagający wsparcia,
- powinny być zintegrowane z systemami do zarządzania informacją (a zwłaszcza z elektroniczną kartoteką pacjentów) w celu współdzielenia i wymiany informacji,
- powinny dostarczać wiarygodnych oraz dobrze uzasadnionych podpowiedzi i sugestii, przy czym podjęcie ostatecznej decyzji zawsze musi należeć do personelu medycznego.

Systemy, które będą zmuszały użytkowników do zmiany ustalonego postępowania (np. będą wymagały, by lekarz zmienił standardową kolejność wykonywanych badań albo opuścił pacjenta, by skorzystać z systemu), nie zostaną zaakceptowane w praktyce, nawet jeśli będą oferowały rozbudowaną funkcjonalność (Anderson 1997). W idealnej sytuacji kliniczny system wspomagania decyzji powinien zostać dopasowany do przyjętych i uznanych procedur postępowania oraz powinien być dostępny w miejscu i czasie występowania problemu decyzyjnego, a jego wykorzystanie powinno stać się „produktem ubocznym” rutynowego sposobu pracy (Musen, Shahar, Shortliffe 2001).

Integracja systemów do zarządzania informacją z pozostałymi rodzajami klinicznych systemów wspomagania decyzji pozwala użytkownikom na dostęp do danych, które istnieją w wersji elektronicznej (np. historia pacjenta zebrana podczas rejestracji), i zwalnia ich z konieczności ponownego wprowadzania zapisanej już informacji. Taka integracja minimalizuje dodatkową pracę użytkowników, ułatwia dopasowanie do standardowych procedur postępowania i poprawia szansę na akceptację systemu w praktyce (Shortliffe 1993).

W procesie klinicznego podejmowania decyzji ostateczna decyzja jest zawsze podejmowana przez personel medyczny. Dlatego też jedynym dopuszczalnym trybem pracy dla klinicznego systemu wspomagania decyzji jest tryb pomocnika-asystenta wspomagającego użytkownika, a nie tryb wyroczni, w którym system podejmuje decyzję zamiast użytkownika. Pozostawienie końcowej decyzji użytkownikowi jest niezbędne do przyjęcia i akceptacji systemu (Ramnarayan, Britto 2002).

W dalszej części pracy zostaną przedstawione dwa przykłady systemów wspomagania decyzji klinicznych, które reprezentują różne, choć komplementarne filozofie informatycznego wspomagania personelu medycznego. Uwagi o pochodzeniu tych systemów zawarte są w rozdziale poprzednim.

2. System MET

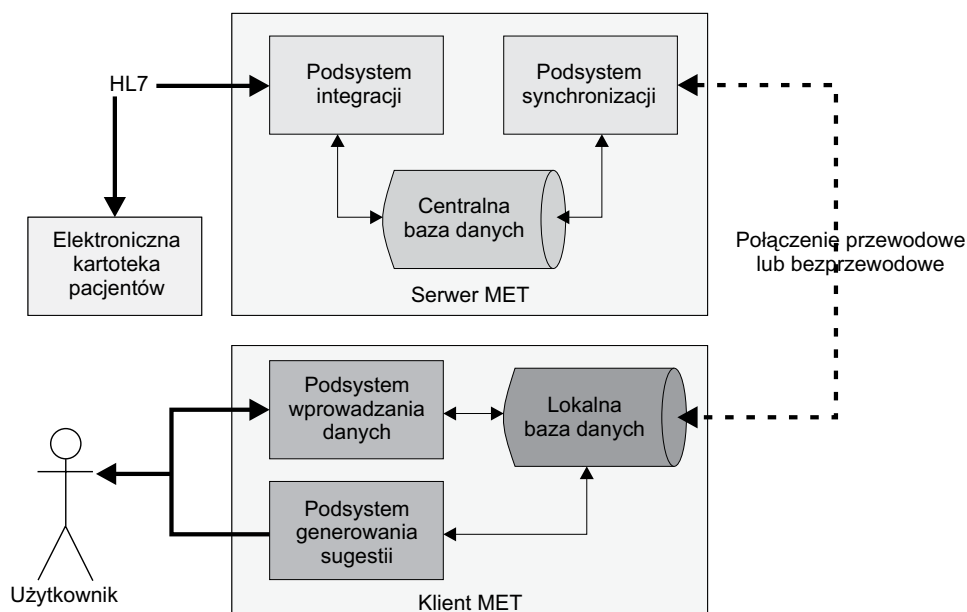
System MET (Mobile Emergency Triage) jest klinicznym systemem wspomagania decyzji, który służy do wspomagania wstępnego rozpoznania pacjentów z różnymi typami bólu i jest przeznaczony do stosowania w izbie przyjęć szpitala (Michalowski, Rubin, Slowinski, Wilk 2003; Michalowski, Slowinski, Wilk, Farion, Pike, Rubin 2005). W takich warunkach lekarz musi podjąć decyzję, jakiej pomocy należy udzielić pacjentowi (odesłanie do domu z ewentualnym skierowaniem do lekarza rodzinnego, dalsza obserwacja w izbie przyjęć lub natychmiastowe skierowanie na konsultację specjalistyczną), biorąc pod uwagę informacje zebrane podczas badania pacjenta.

System MET odgrywa rolę elektronicznej karty pacjenta rozszerzonej o możliwość sugerowania odpowiedniego postępowania. Pozwala on na wprowadzanie i przeglądanie informacji zebranych podczas badania pacjenta oraz generowanie na ich podstawie sugestii odnośnie do dalszego postępowania (sugestie generowane są za pomocą modelu decyzyjnego opartego na regułach). MET łączy zatem funkcje wspomagania decyzji z zarządzaniem danymi. Połączenie tych dwóch funkcji sprawia, że wykorzystanie odpowiedzi systemu staje się częścią standardowej procedury postępowania podczas wypełniania karty pacjenta – zbierania i zapisywania wyników badań.

System MET integruje się z istniejącą elektroniczną kartoteką pacjentów, dzięki czemu ma dostęp do danych zebranych podczas rejestracji pacjenta. Ponadto dane wprowadzone podczas badania są przesyłane do elektronicznej kartoteki pacjentów, przez co stają się dostępne dla pozostałych systemów klinicznych. Komunikacja między systemem MET a pozostałymi systemami klinicznymi została zrealizowana za pomocą protokołu HL7, który jest standardowym protokołem do wymiany danych między aplikacjami medycznymi.

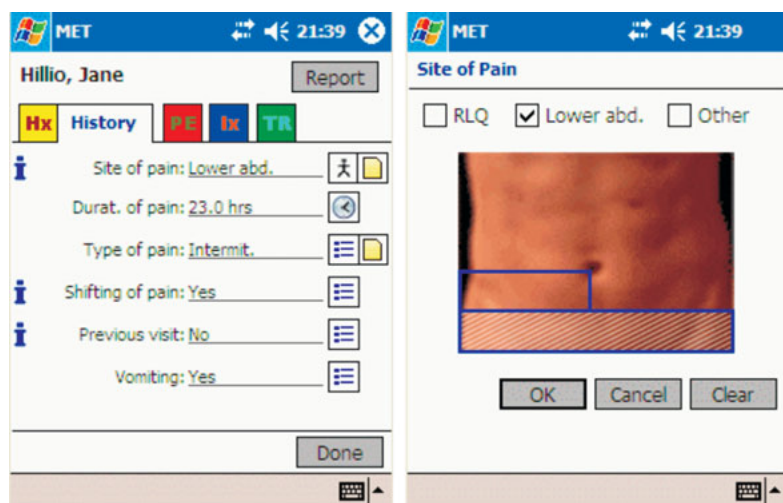
Architekturę systemu MET przedstawiono na rys. 1. System jest oparty na koncepcji klient-serwer. Serwer systemu MET odpowiada za zarządzanie centralną bazą danych, integrację z elektroniczną kartoteką pacjentów oraz za synchronizację centralnej bazy danych z klientami systemu. Klient systemu MET zarządza lokalną bazą danych przechowującą informacje zebrane podczas badania pacjenta oraz oferuje funkcje wprowadzania informacji i podpowiadania odpowiedniego sposobu postępowania z pacjentem. Przeniesienie obu funkcji na stronę klienta oraz zastosowanie lokalnej bazy danych umożliwia wykorzystanie systemu w warunkach słabej łączności, gdzie nie można zapewnić stałego połączenia między klientami a serwerem. Dzięki temu może być on wykorzystany bez konieczności instalowania sieci bezprzewodowej.

Klient systemu MET działa na komputerach naręcznych (ang. *handheld computers*), dzięki czemu może być stosowany bezpośrednio przy pacjencie –



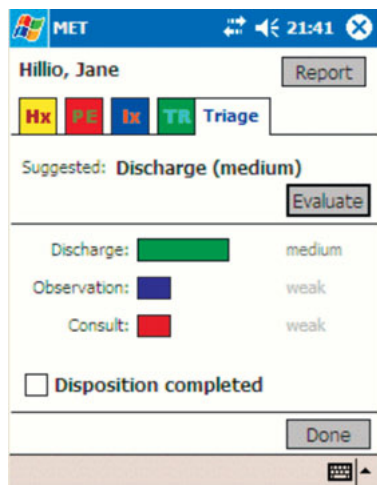
Rys. 1. Architektura systemu MET

tam, gdzie normalnie wykorzystywana jest tradycyjna papierowa karta pacjenta. Interfejs użytkownika wykorzystywany przez funkcję wprowadzania danych został zaprojektowany w taki sposób, aby przypominał tradycyjny papierowy formularz oraz umożliwiał korzystanie z systemu bez nadmiernego przyciągania uwagi lekarza. Przykładowe rozwiązania zastosowane w interfejsie użytkownika przedstawione są na rys. 2.



Rys. 2. Interfejs użytkownika w systemie MET

System MET sugeruje dalsze postępowanie z pacjentem, podając siły rekomendacji dla możliwych wariantów postępowania (rys. 3), jednak ostateczną decyzję podejmuje lekarz, dzięki czemu system odgrywa rolę asystenta wspomagającego, a nie zastępującego lekarza. MET może być również wykorzystany tylko jako elektroniczna karta pacjenta bez uruchamiania funkcji podpowiadania – decyzję o sposobie użycia systemu podejmuje użytkownik.



Rys. 3. Prezentowanie sugestii dotyczących dalszego postępowania z pacjentem

System MET z modulem do wspomagania wstępnego rozpoznania pacjentów z bólem brzucha był przez siedem miesięcy testowany w izbie przyjęć w Children's Hospital of Eastern Ontario (CHEO) przez ponad 40 lekarzy i 110 stażystów (Farion, Michalowski, Slowinski, Wilk, Rubin 2004; Michalowski, Slowinski, Wilk, Farion 2004). Ze względu na wymogi formalne podpowiedzi systemu nie były prezentowane użytkownikom – musieli oni wprowadzić własną sugestię postępowania. Użytkownicy potwierdzili przydatność systemu w praktyce klinicznej. Jego zastosowanie poprawiło jakość danych zbieranych w izbie przyjęć (zawierały one mniej braków niż papierowe karty pacjentów). Ponadto trafność sugestii generowanych przez system była porównywalna z trafnością uzyskaną przez lekarzy (choć występowały różnice między sugestiami dla poszczególnych pacjentów), co może sugerować, że udostępnienie funkcji podpowiadania lekarzom poprawiłoby trafność ich decyzji.

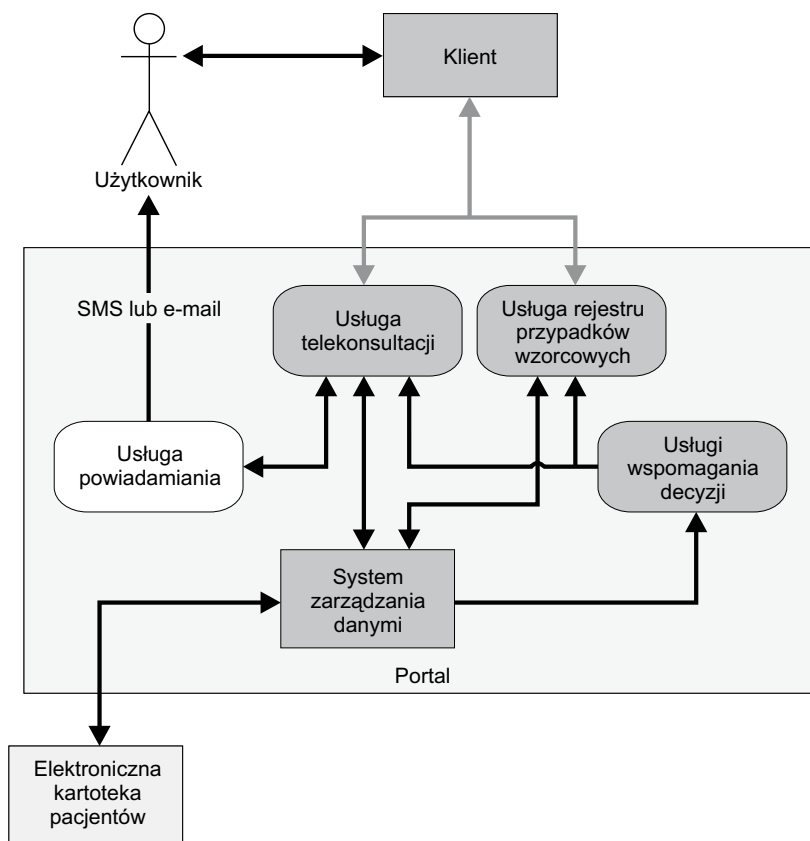
3. Portal Telemedycyna Wielkopolska

Portal Telemedycyna Wielkopolska jest klinicznym systemem wspomagania decyzji służącym do wspomagania komunikacji i pracy grupowej użytkowników z różnych ośrodków ochrony zdrowia, a zwłaszcza ośrodków o różnych stopniach referencji (np. szpitale terenowych i ośrodków specjalistycznych). Portal oferuje zestaw specjalizowanych funkcji związanych z procesem leczenia pacjentów z obrażeniami wielonarządowymi, przy czym może być rozszerzony o nowe problemy kliniczne. Obecnie portal jest stosowany do wspomagania decyzji o przebiegu i miejscu dalszego leczenia (kontynuacja leczenia w ośrodku o niższej referencji lub transport pacjenta do ośrodka o wyższej referencji). Najczęstsze zastosowanie portalu to wspomaganie lekarzy w trakcie leczenia ofiar wypadków drogowych; może być on jednak stosowany w innych sytuacjach, np. podczas leczenia oparzeń.

Portal łączy funkcję wspomagania komunikacji z zarządzaniem danymi oraz wspomaganie decyzji. Podobnie jak system MET portal integruje się z elektroniczną kartoteką pacjentów, z której pobierana jest większość danych wymienianych w procesie komunikacji – użytkownicy portalu uzupełniają jedynie opis pacjenta o informacje niedostępne we wcześniejszych etapach postępowania klinicznego. Dzięki temu nie muszą wykonywać dodatkowej pracy (wprowadzania informacji dostępnych w kartotece elektronicznej) i mogą skorzystać z portalu w taki sam sposób, w jaki wcześniej korzystali z tradycyjnych metod komunikacji (np. rozmowy telefoniczne lub przesyłanie wyników badań obrazowych pocztą kurierską) bez zmiany przyjętego sposobu postępowania.

Portal zarządza informacją opisującą konsultowane przypadki oraz opisującą przypadki wzorcowe (łącznie opis stanu pacjenta z opisem właściwego postępowania), które mogą być później wykorzystane jako ilustracja zalecanego sposobu postępowania. Portal udostępnia wreszcie funkcje podpowiadania i sugerowania, które wykorzystują informacje opisujące aktualny stan pacjenta i których celem jest usprawnienie postępowania klinicznego. Podobnie jak w przypadku systemu MET funkcje te wspomagają jedynie lekarza opiekującego się pacjentem i w żadnym stopniu nie powodują przejęcia przez system jego obowiązków i odpowiedzialności.

Architektura portalu Telemedycyna Wielkopolska przedstawiona jest na rys. 4. Portal to rozproszone środowisko, w którym poszczególne funkcje zostały zaimplementowane jako współpracujące ze sobą usługi portalowe. Usługi te są dostępne za pośrednictwem klienta. Obecnie dostępny jest klient internetowy działający w przeglądarce WWW. Na podstawie doświadczeń z systemem MET przygotowana jest również wersja klienta działająca na urządzeniach mobilnych. Jednak, w odróżnieniu od systemu MET, tutaj cała funkcjonalność zrealizowana jest po stronie portalu, a klient odgrywa rolę „przeglądarki”, przez co



Rys. 4. Architektura portalu Telemedycyna Wielkopolska

wymaga stałego połączenia z portalem. Biorąc pod uwagę inny sposób wykorzystania portalu (który nie musi być stosowany bezpośrednio przy łóżku pacjenta) oraz możliwości techniczne (rozwój szerokopasmowych sieci komputerowych i podłączanie do nich dużej liczby szpitali), takie wymaganie nie jest istotnym problemem i nie wiąże się z ograniczeniem możliwości zastosowania portalu w praktyce.

Każda z usług portalowych realizuje ściśle określoną funkcjonalność. Można wyróżnić dwa rodzaje takich usług – główne i pomocnicze. Przykładem usługi pierwszego typu jest usługa telekonsultacji służąca do wspomagania komunikacji, a także usługa rejestru przypadków wzorcowych. Przykładem usług drugiego typu (usług pomocniczych) jest usługa powiadamiania oraz usługa podpowiadania i sugerowania. Usługi główne i pomocnicze komunikują się z systemem zarządzania danymi. System ten służy do zarządzania informacjami wykorzystywanymi przez usługi portalowe i składa się z takich podsystemów, jak baza danych, biblioteki cyfrowe i system dostarczania treści wizyjnych. Sys-

tem zarządzania danymi odpowiada również za integrację z elektroniczną kartoteką pacjentów. Dokładny opis systemu zarządzania danymi nie mieści się w ramach tego artykułu; dokładniejsze informacje o nim można znaleźć w pracy (Błaszczyski, Kosiedowski, Mazurek, Słowiński i in. 2006).

Portal oferuje listę usług przedstawioną poniżej – dwie pierwsze usługi są już dostępne dla użytkowników, kolejne będą wprowadzone w najbliższym czasie:

- **Usługa telekonsultacji medycznych.** Usługa ta wspomaga komunikację podczas procesu leczenia, oferując mechanizmy do realizacji zdalnych konsultacji medycznych z zakresu chirurgii urazowej. Obsługuje ona cały proces telekonsultacyjny, od przechowywania elektronicznych opisów zgłaszanych przypadków i odpowiedzi z zaleceniami co do dalszego postępowania, do zarządzania dyżurami specjalistów i przydziału konsultanta. Usługa ta została szczegółowo opisana w rozdziale 4, części I.
- **Usługa powiadamiania.** Usługa ta odpowiada za przesyłanie powiadomień do użytkowników lub grup użytkowników o wystąpieniu określonych zdarzeń. Usługa pozwala na określenie formatu powiadomienia (aktualnie dostępne jest powiadomienie przez SMS oraz przez e-mail). Ponadto zapamiętuje ona wysyłane powiadomienia, pozwalając użytkownikowi na późniejszy dostęp do nich.
- **Usługa rejestru przypadków wzorcowych.** Usługa ta będzie realizowała multimedialny rejestr przypadków wzorcowych, obejmujący opisy wzorcowych, „kanonicznych” przypadków chorób i urazów oraz standardowych sposobów postępowania. Rejestr ten będzie więc zawierał ciekawe medycznie przypadki z komentarzem specjalisty oraz przypadki typowe leczone w zalecany sposób. Przewiduje się, że przechowywane w portalu przypadki wzorcowe będą zawierać referencje do materiałów ilustracyjnych przechowywanych w systemie zarządzania danymi (materiały literaturowe, materiały filmowe itp.).
- **Usługi wspomaganie decyzji.** Usługi te będą rozszerzać funkcjonalność portalu o mechanizmy wspomaganie decyzji na podstawie informacji specyficznych dla pacjenta i opisujących jego stan. Zostaną one dokładniej przedstawione w rozdziale 1, części II.

Pilotowa wersja portalu oferująca usługę telekonsultacji i powiadamiania została uruchomiona w listopadzie 2005 roku i obecnie jest testowana przez kilka wybranych szpitali rejonowych w Wielkopolsce (ośrodki o niższej referencji) oraz przez Klinikę Chirurgii Urazowej, Leczenia Oparzeń i Chirurgii Plastycznej Akademii Medycznej w Poznaniu, odgrywającą rolę ośrodka o wyższej referencji.

4. Wspomaganie komunikacji w portalu

Wspomaganie komunikacji jest realizowane przez usługę telekonsultacji. Usługa ta umożliwia specjalistyczną konsultację dla pacjentów będących w stanie stabilnym, dla których nie ma bezpośredniego zagrożenia życia. Wszyscy konsultowani pacjenci są z założenia przypadkami trudnymi diagnostycznie i kwalifikują się do leczenia w ośrodku o wyższej referencji, chociaż często, po specjalistycznej konsultacji, leczenie w ośrodku o niższej referencji może okazać się wystarczające.

Usługa telekonsultacji cechuje się następującą funkcjonalnością:

- przyjmuje do specjalistycznej konsultacji zgłoszenia przypadków zawierających szczegółowe informacje na temat stanu pacjenta oraz dokumentację obrazową (np. zdjęcia diagnostyczne i dokumentujące),
- przekazuje zgłoszenia do dyżurującego specjalisty zgodnie ze zdefiniowanym harmonogramem dyżurów,
- korzystając z usługi powiadamiania, wysyła informacje o oczekujących i zakończonych konsultacjach,
- przekazuje specjalistyczną diagnozę wraz z instrukcjami postępowania do zgłaszającego przypadek.

The screenshot displays the 'telemedycyna wielkopolska' portal. The header features logos for 'telemedycyna wielkopolska', 'FOKUS', and 'PROGRESS'. The navigation bar includes links for 'Strona domowa' and 'Konsultacje'. The main content area is titled 'konsultacje' and shows a table of consultations. The table has columns for 'Numer konsultacji', 'Status', 'Utworzona', 'Ośrodek', and 'Akcja'. There are three consultations listed, with the first two being 'do konsultacji' and the third being 'skonsultowane'. The interface also includes a sidebar with options like 'Nowa konsultacja', 'Archiwum konsultacji', and 'Pokaż konsultacje'.

Numer konsultacji	Status	Utworzona	Ośrodek	Akcja
1	do konsultacji	2005-01-18 13:34:48.0	Wojewódzki Szpital Zespolony, Konin	przesuń do archiwum
2	do konsultacji	2005-01-18 12:22:33.0	Wojewódzki Szpital Zespolony, Konin	przesuń do archiwum
3	skonsultowane	2005-01-16 15:43:18.0	Szpital, Nowy Tomysl	przesuń do archiwum

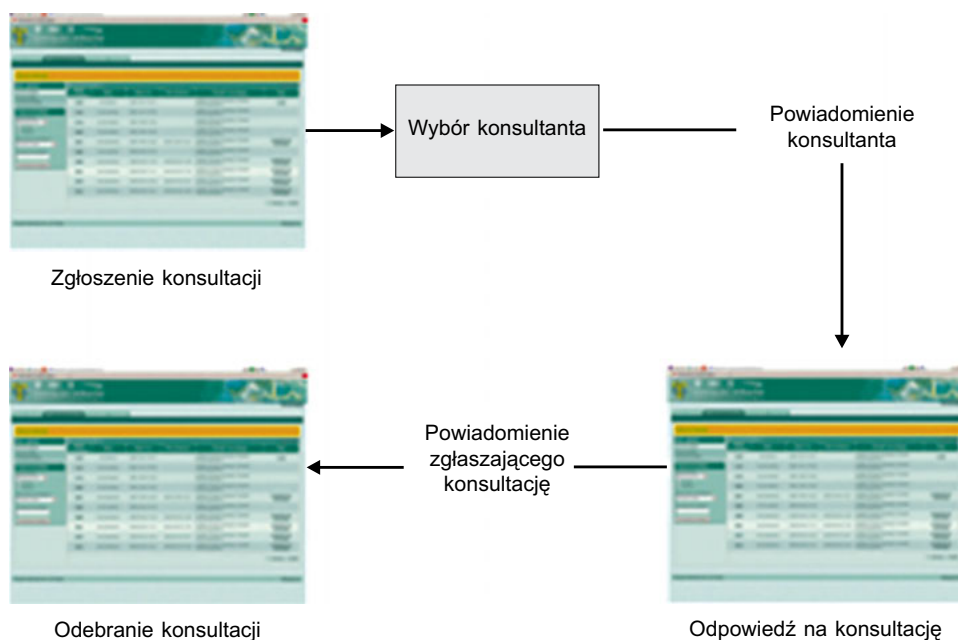
Rys. 5. Główny ekran klienta usługi telekonsultacji

Główny ekran internetowego klienta usługi telekonsultacji, przedstawiony na rys. 5, prezentuje listę konsultacji, w których bierze udział dany użytkownik. Lista konsultacji zawiera szczegółowe informacje na temat konkretnej konsultacji: aktualny stan, datę utworzenia oraz ośrodek o wyższej referencji, do którego konsultacja została zgłoszona.

Schemat przebiegu telekonsultacji przedstawiony jest na rys. 6. Proces rozpoczyna się od zgłoszenia konsultacji, podczas którego użytkownik wskazuje ośrodek o wyższej referencji, do którego konsultacja powinna zostać skierowana, załącza informację obrazową, definiuje pytania do konsultanta oraz wprowadza następujące informacje (przykładowy ekran do wprowadzania danych przedstawiony jest na rys. 7):

- opis pacjenta, historię choroby oraz szczegółowy opis przypadku,
- wyniki badań bezpośrednich (np. ocena ciężkości obrażeń ciała wg skali AIS lub ocena przytomności wg skali Glasgow),
- wyniki badań laboratoryjnych (np. morfologii krwi, gazometrii lub płukania otrzewnej),
- opis dotychczasowych działań i wdrożonego leczenia.

Większość informacji może zostać pobrana z elektronicznej kartoteki pacjentów, dzięki czemu nie musi być ponownie wprowadzana do portalu – rola użytkownika tworzącego nową konsultację ogranicza się do wskazania tych danych, które mają być do niej dołączone.



Rys. 6. Schemat przebiegu telekonsultacji

Rys. 7. Ekran klienta telekonsultacji do zgłaszania telekonsultacji

Przygotowany i sprawdzony opis konsultowanego przypadku kierowany jest przez usługę telekonsultacji do ośrodka o wyższej referencji. Na podstawie zdefiniowanego harmonogramu dyżurów wybierany jest lekarz, do którego usługa powiadamiania wysyła informację (e-mail lub SMS) o zgłoszeniu konsultacji. Wybrany konsultant zapoznaje się z przypadkiem i udziela odpowiedzi na sformułowane w jego opisie pytania. Odpowiedź może zawierać ogólne porady dotyczące opisanego przypadku, odpowiedzi na zadane pytania, sugestie co do dalszego leczenia oraz ewentualne odnośniki do przykładów wzorcowych i do instrukcji procedur bądź zabiegów. Po udzieleniu odpowiedzi przypadek trafia z powrotem do lekarza zgłaszającego, który jest powiadamiany o tym fakcie przez usługę powiadamiania i pojawia się na liście konsultacji ze statusem „skonsultowane”. Taki przypadek jest również zapamiętywany do późniejszej analizy w bazie przypadków skonsultowanych.

5. Wspomaganie decyzji w portalu

Wspomaganie decyzji w portalu będzie realizowane przez zestaw specjalizowanych usług portalowych, od wyszukiwania informacji, poprzez możliwość transformacji i analizy jej fragmentów, do podpowiadania diagnozy i sugerowania terapii dla poszczególnych pacjentów. W szczególności, usługi te będą pozwalały na wspomaganie analizy informacji obrazowej wykorzystywanej w procesie telekonsultacji oraz zapisanej w rejestrze przypadków wzorcowych. Będą one również pozwalały na przeszukiwanie rejestru przypadków wzorcowych i bazy skonsultowanych przypadków w celu identyfikacji przypadków podobnych do analizowanego w ramach aktualnej konsultacji.

Pierwszym zadaniem usługi wspomagającej analizę informacji obrazowej będzie poprawa jakości tej informacji poprzez zastosowanie takich technik, jak eliminacja szumów z obrazu, polepszanie kontrastu w obrazie, segmentacja obrazu czy sztuczne wybarwienie wybranych elementów obrazu. Usługa ta będzie też dostarczała mechanizmów analizy ilościowej dla informacji obrazowej. Przykładem takich mechanizmów są „elektroniczne miarki” (ang. *electronic calipers*), które pozwalają na pomiar wybranych struktur obrazu oraz ich przeliczenie na inne wielkości z użyciem odpowiednich modeli matematycznych (np. pomiar objętości organów na podstawie pomiarów dwuwymiarowych).

Celem usługi wyszukiwania przypadków podobnych będzie wspomaganie procesu przygotowania odpowiedzi na konsultację. Dzięki niej konsultant będzie mógł odszukać w rejestrze przypadków wzorcowych przypadki najbardziej podobne do analizowanego i wykorzystać zgromadzone informacje przy odpowiadaniu na zadane pytania. Poza tym same przypadki wzorcowe będą mogły być wskazane w odpowiedzi jako materiał referencyjny, z którym powinna się zapoznać osoba zgłaszająca konsultację. Z usługi tej będzie można również skorzystać już na etapie zgłaszania konsultacji, dzięki czemu możliwe będzie zapoznanie się z procesem leczenia dla podobnych przypadków z bazy przypadków skonsultowanych jeszcze przed uzyskaniem odpowiedzi i wskazówek od konsultanta. Do określania podobieństwa między przypadkami usługa wyszukiwania będzie wykorzystywała przyjęte systemy klasyfikacji terminów medycznych (np. MeSH – Medical Subject Headings (Medical Subject Headings 2006) i SNOMED Clinical Terms (SNOMED 2004)) oraz sieci semantyczne (np. UMLS – Unified Medical Language System (umlsinfo 2006)). Dzięki temu możliwe będzie uwzględnienie wiedzy dziedzinowej w procesie wyszukiwania, co daje szansę poprawy jakości wyszukiwania w porównaniu z systemami wykorzystującymi miary podobieństwa niezależne od problemu.

Usługi podpowiadania diagnozy i sugerowania terapii dla poszczególnych pacjentów będą wykorzystywały, podobnie jak system MET, metody sztucznej inteligencji, w szczególności metody uczenia maszynowego i odkrywania wie-

dzy z danych. Bazą danych do odkrywania wiedzy może być dostatecznie bogaty rejestr przypadków wzorcowych oraz baza przypadków skonsultowanych. Postuluje się również reprezentację odkrytej wiedzy w postaci wyrażen logicznych typu „jeżeli spełnione określone warunki, to sugerowana konkretna decyzja”. Reprezentacja ta ma zaletę naturalnego wyjaśniania przesłanki sugerowanej decyzji, co pozwala użytkownikowi łatwo ocenić jakość podanej przez usługę sugestii, a co nie jest możliwe przy zastosowaniu innych metod, np. sztucznych sieci neuronowych.

6. Dyskusja

Kliniczne systemy wspomaganie decyzji dostosowane do przyjętych procedur postępowania oraz integrujące się z istniejącą elektroniczną kartoteką pacjentów sprawdzają się w praktyce i są chętnie wykorzystywane przez środowisko medyczne – świadczą o tym doświadczenia z systemem MET oraz zakończony sukcesem test kliniczny tego systemu w Children’s Hospital of Eastern Ontario. Z drugiej strony, rozwój szerokopasmowej sieci komputerowej oraz rosnąca liczba szpitali, która jest do nich podłączona, przyczynia się do coraz większego zainteresowania systemami klinicznymi, które wspomagają komunikację i pracę grupową lekarzy, oraz decyzje podejmowane na różnych etapach procesu leczenia. Efektem tego zainteresowania jest portal Telemedycyna Wielkopolska, którego wersja pilotażowa jest testowana przez kilka szpitali terenowych w Wielkopolsce oraz przez Klinikę Chirurgii Urazowej, Leczenia Oparzeń i Chirurgii Plastycznej Akademii Medycznej w Poznaniu.

Równolegle z pilotażowym uruchomieniem portalu trwają prace nad rozwojem nowych usług – w pierwszej kolejności zostaną przygotowane usługi wspomaganie decyzji. Dalsze plany obejmują usługę teleedukacji, która będzie udostępniała materiały i mechanizmy pozwalające na podnoszenie kwalifikacji personelu medycznego oraz studentów medycyny. Usługa ta będzie korzystała z rejestru przypadków wzorcowych i systemu zarządzania danymi jako repozytorium materiałów szkoleniowych oraz będzie oferowała narzędzia do weryfikacji nabytej wiedzy (np. testy sprawdzające lub zadania do samodzielnego rozwiązywania, którego poprawność będzie weryfikowana).

Rzeczywisty rozwój platformy telemedycznej jest także planowany w drugiej edycji programu rozwoju Polskiego Internetu Optycznego na lata 2007–2013, zwanego „PIONIER2 – Zaawansowane Platformy Usługowe”. W programie tym zamierza się zintegrować w ramach platformy telemedycznej wspomaganie medycznych badań naukowych, a także procesów leczenia oraz edukacji personelu. Dzięki zintegrowaniu w ramach platformy telemedycznej zaawansowanego śro-

dowiska gridu telemedycznego możliwe stanie się prowadzenie w Polsce szeroko zakrojonych badań genetycznych, symulacji chorób, badań farmakologicznych itp.

7. Ośrodki współpracujące przy tworzeniu systemu MET i portalu Telemedycyna Wielkopolska

System MET tworzony jest przez zespół pracowników z University of Ottawa, Children's Hospital of Eastern Ontario w Ottawie oraz Instytutu Informatyki Politechniki Poznańskiej.

Portal Telemedycyna Wielkopolska tworzony jest przez zespół pracowników z Poznańskiego Centrum Superkomputerowo-Sieciowego, Instytutu Informatyki Politechniki Poznańskiej i Kliniki Chirurgii Urazowej, Leczenia Oparzeń i Chirurgii Plastycznej Akademii Medycznej im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu. Autorem koncepcji programu PIONIER2 jest Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe.

Literatura

- Anderson J.G., 1997: *Clearing the way for physicians' use of clinical information systems*. „Communications of the ACM”, 40, 83–90.
- Błaszczczyński J., Kosiedowski M., Mazurek C., Słowiński R., Słowiński K., Stroiński M., Wilk S., 2006: *Telemedical Portal „Telemedycyna Wielkopolska”*. 11th International Conference on Medical Informatics and Technologies, MIT, Wisła-Malinka, Poland, September 25–27, Proceedings [to appear].
- de Dombal F.T., Leaper D.J., Staniland J.R., McCann A.P., Horrocks J.C., 1972: *Computer-aided diagnosis of acute abdominal pain*. „British Medical Journal”, 2: 9–13.
- Dorman T., 2000: *Telemedicine*. „Anesthesiology Clinics of North America”, 18, 663–76.
- Farand L., Lafrance J.P., Arocha J.F., 1998: *Collaborative problem-solving in telemedicine and evidence interpretation in a complex clinical case*. „International Journal of Medical Informatics”, 51: 153–67.
- Farion K., Michalowski W., Slowinski R., Wilk S., Rubin S., 2004: *Rough set methodology in clinical practice: Controlled hospital trial of the MET System*. In: Tsumoto S., Slowinski R., Komorowski J., Grzymala-Busse J.W. (eds.): *Rough Sets and Current Trends in Computing*. 4th International Conference, RSCTC, Uppsala, Sweden, June 1–5, Proceedings, Uppsala, Sweden, Springer-Verlag, pp. 805–814.
- Hanson C.W., Marshall B.E., 2001: *Artificial intelligence applications in the intensive care unit*. „Critical Care Medicine”, 29: 427–35.

- Hunt D.L., Haynes R.B., Hanna S.E., Smith K., 1998: *Effects of computer-based clinical decision support systems on physician performance and patient outcomes: a systematic review*. JAMA, 280: 1339–1346.
- Kawamoto K., Houlihan C.A., Balas E.A., Lobach D.F., 2005: *Improving clinical practice using clinical decision support systems: a systematic review of trials to identify features critical to success*. „British Medical Journal” 330: 765–772.
- Medical subject headings, 2006. <http://www.nlm.nih.gov/mesh>.
- Michalowski W., Rubin S., Slowinski R., Wilk S., 2003: *Mobile clinical support system for pediatric emergencies*. „Decision Support Systems”, 36: 161–176.
- Michalowski W., Slowinski R., Wilk S., Farion K., 2004: *Mobile emergency triage: Lessons from a clinical trial*. In: Kendall E.J. (ed.). 35th annual meeting of the decision sciences institute. Boston, MA, November 20–23, Conference Proceedings (CD-ROM), Boston, Decision Sciences Institute, 6601–6606.
- Michalowski W., Slowinski R., Wilk S., Farion K., Pike J., Rubin S., 2005: *Design and development of a mobile system for supporting emergency triage*. „Methods of Information in Medicine”, 44: 14–24.
- Musen M.A., Shahar Y., Shortliffe E.H., 2001: *Clinical decision support systems*. In: Shortliffe E.H., Perreault L.E., Wiederhold G., Fagan L.M. (eds.): *Medical informatics. Computer applications in health care and biomedicine*. Springer-Verlag, pp. 573–609.
- Peleg M., Tu S., 2006: *Decision support, knowledge representation and management in medicine*. In: Haux R., Kulikowski C. (eds.). „IMIA Yearbook of Medical Informatics” [Schattauer GmbH], 72–80.
- Ramnarayan P., Britto J., 2002: *Paediatric clinical decision support systems*. „Archives of Disease in Childhood”, 87: 361–362.
- Sackett D.L., Rosenberg W.M., Gray J.A., Haynes R.B., Richardson W.S., 1996: *Evidence based medicine: what it is and what it isn't*. „British Medical Journal”, 312: 71–72.
- Séroussi B., Bouaud J., Antoine É.C., 2001: *OncoDoc: a successful experiment of computer-supported guideline development and implementation in the treatment of breast cancer*. „Artificial Intelligence in Medicine”, 22: 43–64.
- Shortliffe E.H., 1993: *The adolescence of AI in medicine: Will the field come of age in the 90's?* „Artificial Intelligence in Medicine”, 5: 93–106.
- SNOMED clinical terms, 2004. <http://www.snomed.org/snomedct>.
- Unified medical language system, 2006. <http://umlsinfo.nlm.nih.gov>.

R o z d z i a ł 5

ANALIZA KLASYFIKACJI DANYCH MEDYCZNYCH ZA POMOCĄ WYBRANYCH METOD SZTUCZNEJ INTELIGENCJI

Daria Bizoń

Streszczenie: Rozdział dotyczy analizy klasyfikacji danych medycznych za pomocą wybranych metod klasyfikacji danych opartych na sztucznej inteligencji: sieci neuronowych, sieci neuronowych z wykorzystaniem logiki rozmytej (ang. Fuzzy Neural Networks) oraz wnioskowania opartego na podstawie przypadków (ang. Case-Based Reasoning). Celem podejmowanych badań jest zbadanie, która z wymienionych metod będzie w stanie jak najlepiej pogrupować dane zawierające niekompletną informację. Przedstawiono wyniki przeprowadzonych eksperymentów polegających na grupowaniu obiektów-pacjentów dla różnych parametrów wybranych metod klasyfikacji danych. Ostatecznym celem podejmowanej pracy jest stworzenie systemu diagnostycznego analizy skuteczności leczenia pacjentów.

Słowa kluczowe: klasyfikacja danych medycznych, metody sztucznej inteligencji, sieci neuronowe, sieci neuronowe z logiką rozmytą, wnioskowania oparte na bazie przypadków

Abstract: This paper concerns the analysis of medical data classification using selected methods of artificial intelligence, such as: neural networks, Fuzzy Neural Networks and Case-Based Reasoning. The goal of the undertaken research is to investigate which of the aforementioned methods can group data with incomplete information in the best way. The paper presents the results of experiments that consisted in grouping objects (patients) for different parameters of the selected classification methods. The data come from patients with nephroblastoma and patients with backbone pain. The ultimate aim is to create a diagnostic system for the analysis of treatment effectiveness.

Keywords: medical data classification, artificial intelligence methods, neural networks, Fuzzy Neural Networks, Case-Based Reasoning

1. Wstęp

Zagadnienie skuteczności leczenia należy, poza diagnostyką, do najistotniejszych problemów medycznych. Celem pracy jest stworzenie systemu analizy skuteczności leczenia chorych. Wczesne wykrycie choroby oraz systematyczne leczenie z równoczesną diagnostyką decyduje w znacznym stopniu o powodzeniu wyleczenia. W doświadczeniach posłużono się danymi pacjentów chorych na nerczaka zarodkowego oraz chorych na zespół krążkowo-korzeniowy w przestrzeni L5, S1. Chorzy na nerczaka zarodkowego (płodowego) zostali poddani badaniom morfologicznym, jak również chemioterapii. Natomiast pacjenci z zespołem krążkowo-korzeniowym, biorący udział w eksperymencie, zostali poddani testom posturometrycznym oraz terapii elektrofonoforezy. Podczas zabiegów terapeutycznych pacjentom zostały podane leki: profenit oraz żel neuroterapeutyczny firmy Alpa. W pracy tej zostaną przedstawione metody oparte na systemach sztucznej inteligencji, tj. sieci neuronowe, sieci neuronowe wykorzystujące logikę rozmytą oraz wnioskowania opartego na podstawie przypadków. Badania te służą przede wszystkim do przewidywania skuteczności podejmowanego leczenia. Ponadto, w doświadczeniu tym zbadano, czy wybrane metody są w stanie poradzić sobie z niekompletnością danych.

2. Klasyfikacja danych wraz z ich charakterystykami

2.1. Badania skuteczności leczenia nerczaka zarodkowego za pomocą sieci neuronowych i sieci neuronowych wykorzystujących logikę rozmytą¹

Wczesne wykrycie nerczaka zarodkowego oraz systematyczne leczenie z równoczesną diagnostyką decyduje w znacznym stopniu o powodzeniu wyleczenia. Przedmiotem opisanych w artykule badań są pacjenci cierpiący na tę chorobę. Dobór leków i ich dawek był oparty na badaniach morfologicznych i systemie informatycznym wykorzystującym metodę zbiorów przybliżonych.

Poniżej przedstawiono metody analizy leczenia nerczaka wykorzystujące sieci neuronowe. Warunkiem niezbędnym do stosowania sieci neuronowych jest

¹ Rutkowska, Piliński, Rutkowski 1997; Osowski 1997; Ferdynus, Badura 2003; Tadeusiewicz 2001.

dostępność odpowiedniej liczby danych historycznych i istnienie rzeczywistej zależności lub zespołu zależności. Ponieważ otrzymane dane, na podstawie których realizowany jest projekt, są w pewnej mierze niekompletne, zostały one poddane obróbce statystycznej, a następnie podane na sieć neuronową. Rozpatrzono dwa warianty. Pierwszy polegał na zbadaniu zależności pomiędzy wynikami badań morfologicznych i podawanymi cytostatykami przy wykorzystaniu perceptronów wielowarstwowych – MLP i sieci neuronowe dla regresji uogólnionej GRN. Mimo znalezienia sieci o śladowym błędzie podejście okazało się mało skuteczne, ponieważ nie uwzględniono cykli leczenia. Drugi wariant polegał na podziale pacjentów według grup leków. Próba powiązania badań morfologicznych z cytostatykami za pomocą sieci samoorganizującej również się nie powiodła. Trzeci wariant polegał na próbie powiązania badań morfologicznych z cytostatykami podawanymi po cyklu badań morfologicznych. I tutaj również nie znaleziono właściwej zależności.

Badania te dowiodły, że sieci neuronowe nie są w stanie poradzić sobie z taką dużą niekompletnością danych oraz sieci nie potrafią rozpoznać więcej niż dwóch leków bądź grup leków.

Ze względu na małą skuteczność zaproponowanej metody, wynikającej przede wszystkim z niekompletności i braku dostatecznej dla wybranej metody dokładności danych, zaproponowano wykorzystanie do analizy sieci neuronowych rozmytych. Podstawowym zagadnieniem w badaniu skuteczności leczenia jest grupowanie pacjentów według podobieństwa wyników badań (morfologicznych) oraz schematu leczenia. Toteż opisana poniżej metoda ma na celu klasyfikację przypadków chorobowych. Rozpoczęto prace nad zbadaniem, czy sieci neuronowe, wykorzystujące logikę rozmytą, będą w stanie nauczyć się rozpoznawania więcej niż dwóch leków bądź grup leków.

2.1.1. Struktura danych wejściowych²

Opisywana analiza została zrealizowana na podstawie bazy danych, która zawiera dużą ilość informacji niekompletnych, co powoduje dużą złożoność problemu. Złożoność ta polega na tym, że podczas przeprowadzania badań na pacjencie najczęściej nie podaje się leków, jak również podczas podawania leków z reguły nie są przeprowadzane badania morfologiczne. W bazie tej możemy uzyskać następujące informacje:

- data podania leku,
- data planowana podania leku,

² Przyłucki 1994; www.urologiapolska2007; Ferdynus, Badura 2003; Stanis 1998.

- 19 rodzajów cytostatyków (leków),
- wykaz badań morfologicznych.

Ponadto występuje tutaj brak pewnych informacji, które mogłyby nawet zupełnie zmienić wynik naszych doświadczeń albo ułatwić jego uzyskanie. Chodzi tutaj o takie informacje, jak:

- jak dalece była zaawansowana choroba, gdy rozpoczęto leczenie,
- jakie czynniki miały wpływ na ostateczną decyzję lekarza o rodzaju podawanego leku i o rodzaju przeprowadzonych badań morfologicznych,
- czy pacjent został wyleczony, czy też nie.

2.1.2. Systemy rozmyte a neuronowe³

Systemy rozmyte (Rutkowska, Piliński, Rutkowski 1997) stosowane są jako m.in. sterowniki rozmyte, do sterowania pociągów kolei podziemnych, czy też helikoptera oraz mogą być wykorzystywane jako systemy wspomagające podejmowanie decyzji. Systemy te są realizowane na podstawie wnioskowania z wykorzystaniem wiedzy zapisanej w postaci bazy reguł, jednak informacja może być dana w postaci symbolicznej (za pomocą wartości lingwistycznych). Systemy rozmyte mogą rozwiązywać wiele problemów, do których stosuje się sieci neuronowe.

Dlatego też sieci neuronowe i systemy rozmyte mogą być traktowane jako różne metody, wykorzystywane do rozwiązania danego problemu. Zatem dobrze jest zwrócić uwagę na wady i zalety obu tych metod.

Systemy rozmyte charakteryzują się przetwarzaniem informacji danej w postaci symbolicznej i wiedzy zapisanej w formie rozmytych reguł.

Sieci neuronowe przetwarzają informację numeryczną, ale – co jest niezwykle ważne – posiadają zdolność uczenia. Jednak wadą ich jest fakt, że wiedza reprezentowana przez wartości wag sieci neuronowej jest w tej sieci rozproszona i nie ma fizycznej interpretacji w formie czytelnej dla użytkownika. Sieci neuronowe pozbawione są więc cech tzw. modułu wyjaśniającego, który odgrywa niezwykle istotną rolę w systemach ekspertowych.

Dzięki temu że istnieje możliwość połączenia obydwu tych metod, możemy otrzymać systemy przetwarzające informację zarówno w postaci numerycznej, jak i symbolicznej, charakteryzujące się ponadto bazą wiedzy w formie rozmytych reguł oraz zdolnością uczenia przejętą od sieci neuronowych.

³ Rutkowska, Piliński, Rutkowski 1997; Tadeusiewicz 2001; Badura, Ferdynus 2004.

2.1.3. Przebieg doświadczeń⁴

Celem przeprowadzenia omawianych doświadczeń jest sprawdzenie, czy systemy rozmyte i neuronowe są w stanie rozpoznać większą ilość leków (grup leków), a następnie pogrupować pacjentów zgodnie z ich badaniami morfologicznymi i podawanymi lekami.

Podejście I (Przyłucki 1994; Osowski 1997; www.urologiapolska2007; Ferdynus, Badura 2003; Tadeusiewicz 2001)

W celu zbadania zależności pomiędzy wynikami badań morfologicznych a podanymi cytostatykami wybrane zostały dwie sieci, których zadaniem było wyszukanie jak najlepszych rozwiązań o jak najmniejszych błędach. Do sieci tych należą: perceptrony wielowarstwowe (Multilayer Perceptron) MLP oraz sieci neuronowe realizujące regresję uogólnioną (Generalized Regression Neural Networks) GRNN. Obydwie te sieci mają charakter modelowania liniowego, jednokierunkowego: sygnał przechodzi od wejścia do wyjścia, a ich parametrami są wartości progowe oraz wagi. Sieci te różnią się m.in. tym, że sieć typu MLP służy do rozwiązywania problemów regresyjnych, a sieć typu GRN – do problemów klasyfikacyjnych.

Analiza przebiegu leczenia chemioterapią wybranego nowotworu została opracowana na podstawie bazy danych, która zawiera wyniki badań morfologicznych, czas przebiegu leczenia oraz podawane cytostatyki ok. 294 pacjentów. Ponadto zmodyfikowana baza danych zawiera tablicę 0, 1 wskazującą na to, czy dany lek został podany (1), czy też nie (0). Na podstawie przygotowanej bazy z uzupełnionymi wartościami przeprowadzono kilkaset eksperymentów. Pakiet Statistica Neural Networks umożliwił wykonanie badań na kilka sposobów. Poniżej zostaną omówione dwa typy przeprowadzonych badań.

Sposób automatycznego rozwiązywania problemu, w której każdy przypadek był rozpatrywany indywidualnie. Danymi wejściowymi były wszystkie (wybrane 5) badania morfologiczne oraz tablica określająca, czy lek został podany, czy też nie, a na wyjście podano wszystkie cytostatyki. Doświadczenie tym sposobem zostało powtórzone kilkadziesiąt razy. Nie przyniosło ono żadnego efektu. Sieć za każdym razem została przeuczona. Dlatego też stwierdzono, że sposób ten, chociaż bardzo prosty, nie jest odpowiedni dla tego typu danych.

Drugi sposób automatycznego rozwiązywania w opcji rozszerzonej, bardziej skomplikowany, wymagał od użytkownika pewnej, chociaż niewielkiej znajomości problemu sieci neuronowych. Użytkownik sam mógł decydować o ustawieniu wybranych parametrów, np. wagach podziału zbioru danych na zbiór

⁴ Osowski 1997; www.urologiapolska2007; Ferdynus, Badura 2003; Tadeusiewicz 2001.

uczący, walidacyjny i testowy. Do przeprowadzenia doświadczeń wybrano dwie opcje: losowe wybieranie wartości początkowych oraz korzystanie z bieżącego podziału zbioru danych. Dokładniejszy przebieg wraz z przykładami badań zostanie przedstawiony poniżej. Przeprowadzono ich ok. 300.

Wybór rozwiązywania problemu przebiegał bardzo podobnie jak w przypadku opisanym powyżej, z tą różnicą, że po wskazaniu danych wejściowych i wyjściowych należało wybrać jeden z dwóch sposobów podziału przypadków, np. losowego wybierania wartości początkowych. Ponadto w tym miejscu należało również wskazać wagi dla zbioru uczącego, walidacyjnego i testowego. Ważną informacją jest to, że suma wyznaczanych wag musiała być równa 15. Dlatego też doświadczenia przeprowadzono dla wszystkich możliwych kombinacji wag.

Została wybrana opcja korzystania z bieżącego podziału danych. Po wybraniu tej opcji i podaniu wag dla zbiorów uczącego, walidacyjnego i testowego wydawałoby się, że jest to opcja odpowiednia dla omawianego problemu. Jednak wszystkie wyszukane sieci za pomocą tej opcji miały bardzo duże błędy globalne. Ponadto dość istotny jest też fakt, że żadna ze znalezionych sieci nie została przeuczona. Należy również zwrócić uwagę, że chociaż znaleziono sieć o niewielkim błędzie (poniżej 0,2), to prawie zawsze nie są brane pod uwagę wszystkie zmienne wejściowe.

Została wybrana opcja „losowego wyznaczania wartości początkowych”. Po zaznaczeniu tej opcji i wskazaniu odpowiednich wag należało wybrać odpow-

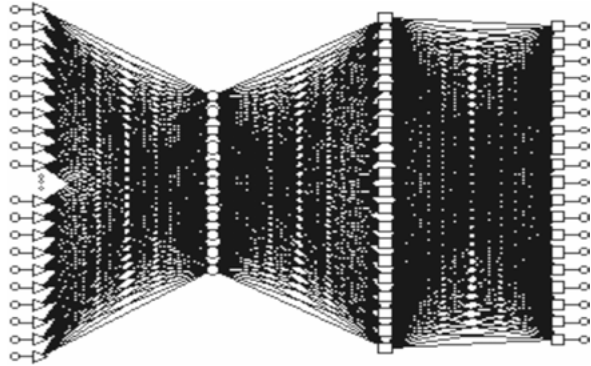
Tabela 1

Tabela zawierająca znalezione przez program rozwiązanie (sieci)
(Informuje ona o: typie znalezionych przez program sieci, błędzie globalnym, liczbie danych wejściowych biorących udział w doświadczeniu oraz liczbie neuronów ukrytych)

Type	Error	Inputs	Hidden	Performance
GRNN	0.005469	34	11	5.555e-06
MLP	0.005426	24	41	0.01063
MLP	0.004814	24	41	0.007047
MLP	0.004515	16	12	0.009653
MLP	0.0045	22	37	0.04501
MLP	0.003584	26	23	0.01057
MLP	0.003506	24	27	0.0002548
MLP	0.001711	22	37	0.0004755
GRNN	0.0001951	34	11	5.29e-14
GRNN	4.031e-06	34	11	3.5e-17

Źródło: Statistica Neural Network.

Rys. 1. Wykres najlepszej sieci, której wynik błędu przedstawiono w tabeli
(Rysunek pochodzi z programu Statistica Neural Network)



wiednie do opisywanej analizy rodzaje sieci. Opcja ta okazała się dość skuteczna. Po przeprowadzeniu wielu prób doświadczeń udało się znaleźć sieć, która miała bardzo mały (śladowy) błąd globalny i wykorzystywała wszystkie zadane na wejście zmienne. Ponadto znaleziono sieci o większych błędach lub sieci, które mają niewielkie błędy, ale nie wykorzystują wszystkich zmiennych zadanych na wejście.

Na s. 172 pokazano tabelę wyników (tab. 1), a wyżej wykres najlepszej sieci, której błąd jest śladowy, a ponadto wykorzystuje wszystkie zadane na wejście zmienne. Wagi, jakie zadano dla poszczególnych zbiorów bazy danych, to: 11 dla zbioru uczącego, 1 dla zbioru walidacyjnego i 3 dla zbioru testowego.

Chociaż znaleziono sieć o śladowym błędzie oraz wykorzystującą wszystkie zmienne wejściowe, to okazało się, że podejście nie jest skuteczne. Podstawowym powodem jest to, że nie zostały tutaj uwzględnione cykle leczenia, a jedynie podano wybrane badania morfologiczne oraz tablicę określającą, czy lek został podany, czy też nie na wejścia, a wszystkie cytostatyki na wyjścia. Dlatego też podjęto próbę innego podejścia do problemu.

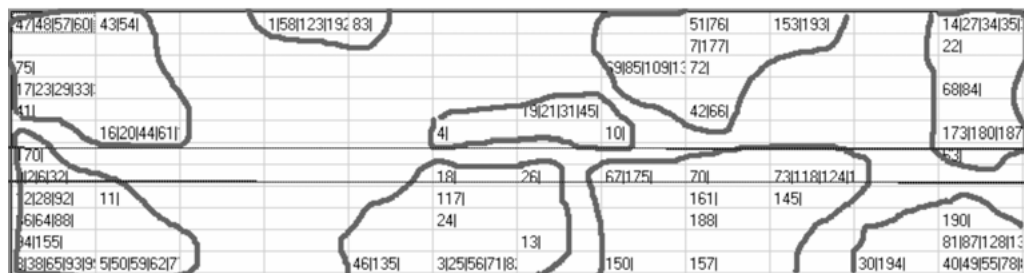
Podejście II (Ferdynus, Badura 2003; Tadeusiewicz 2001)

Podzielono wszystkich pacjentów na grupy, do danej grupy należeli pacjenci, którzy otrzymywali te same leki niezależnie od kolejności ich podawania. Należy również dodać, iż spośród wszystkich 294 pacjentów usunięto tych, którzy mieli bardzo mało przeprowadzonych badań morfologicznych, a ich czas leczenia był krótki. W konsekwencji liczba pacjentów biorących udział w doświadczeniu wynosiła 268. Z grupy tej wyizolowano 133 pacjentów, posiadających badania krwi sprzed wielu dni. Należy bowiem nadmienić, iż badania krwi są to dane zmieniające się w czasie, zatem wyżej wymienione były nieodpowiednie, by przedstawić je w typowej statycznej sieci neuronowej. Dlatego też zostały one tak przetworzone, by zachować pewną dynamikę zmian. Polegało to na tym, że przetworzono je w ciąg liczb, które mówiły o:

- wartościach ekstremalnych w przebiegu czasowym (czyli znajdowano punkty o wartościach znacznie przekraczających pozostałe),
- stopniu nachylenia krzywej, którą można było stworzyć na podstawie zbioru punktów,
- fluktuacji, czyli jaki jest wzajemny rozrzut punktów,
- średniej wartości punktów.

Następnie wszystkie te dane podano na sieć neuronową typu *back propagation*, gdzie na wejście zostały podane dane o morfologii, którym powinno odpowiadać dane wyjście mówiące o numerze grupy. Badając zachowanie się sieci, można stwierdzić, że nie mogła ona prawidłowo powiązać wejścia z wyjściem, gdyż był zdecydowanie za duży stosunek liczby wyjść do liczby wzorców. Po prostu na każde wyjście przypadało tylko ok. 2 wzorców wejściowych, co oznacza, że takie wyjście było pobudzane zdecydowanie za małą liczbą razy. Powodowało to, że wagi dochodzące do takiego neuronu zdecydowanie nie miały szans się ukształtować. Mimo to było kilka wyjść zdecydowanie się wybijających. Jest to spowodowane tym, że statystycznie na każde wyjście przypadały 2 wzorce, ale były oczywiście również wyjścia, którym odpowiadało kilka razy więcej wzorców. I to spowodowało, że piki neuronów wyjściowych były wyższe.

Proponowane rozwiązanie dalece odbiega od systemu wspomaganie lekarza, gdyż jest to tylko porównanie globalnego czasu leczenia, już po zakończeniu chemioterapii. Ponadto występuje tutaj zbyt duża liczba podawanych leków, a więc należałoby stworzyć algorytm, który znacznie zmniejszyłby ilość aplikowanych cytostatyków. Dlatego też do pogrupowania wszystkich cytostatyków zastosowano sieć samoorganizującą się.



Rys. 2. Wynik działania algorytmu

Można stwierdzić, że sieć nieraz pogrupowała cytostatyki ostro, a czasami dość płynnie, co oznacza, że potrzebny jest dodatkowy algorytm, który będzie wykrywał zależności pomiędzy poszczególnymi danymi. Na sieć zostały podane wartości, które przetworzono według takich ustaleń, że wartość 0 oznacza, iż dany pacjent nie dostawał w ogóle leku. Liczba różna od zera zależy od pewnych czynników. Ponadto wzięto pod uwagę to, czy pacjent otrzymywał lek, czy były cykle i jakiej natury.

- Dla wszystkich pacjentów wyliczono, ile razy maksymalnie podano im lek, ale nie w cyklu.
- Wyliczono dla wszystkich pacjentów, ile było maksymalnie cykli podawania leków.
- Dla całej grupy pacjentów wyliczono maksymalną długość cyklu.

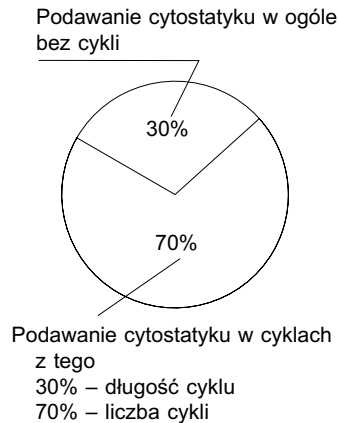
Wyliczenia te były przeprowadzone za pomocą wzoru:

$$P = 0,3 \cdot (x1/A) + 0,7 \cdot (0,3 \cdot x2/B + 0,7 \cdot x3/C)$$

gdzie:

$x1$ – lek podany nie w cyklu, $x2$ – liczba cykli oraz $x3$ – długość cyklu.

Zatem, jak widać na rys. 3, pacjentów, którzy mieli podawane leki w cyklach, było 70%, a pozostałych 30%.



Rys. 3. Dane określające zestaw cytostatyków

Mając małą liczbę grup, można by stwierdzić, czy dana morfologia pacjentów może być przypasowana do danej grupy. Ale trzeba zauważyć, że brany pod uwagę jest cały okres leczenia (oprócz ostatnich badań po bardzo długim okresie przerwy). Zatem ten algorytm to nie dynamiczny system wspomagający decyzje lekarza, lecz sposób na znalezienie bardzo nietypowych pacjentów, tzn. pacjentów, którzy są leczeni inaczej niż pozostali. Zatem podejście to mogłoby wyeliminować pacjentów niereprezentatywnych, których można usunąć z analizy, a dalsze prace byłyby przeprowadzane na pozostałych obiektach, które można podzielić na mniejsze grupy.

Podejście III (Ferdynus, Badura 2003; Tadeusiewicz 2001)

Zauważono, że często się zdarza, iż badania morfologiczne są przeprowadzane kilka, kilkanaście dni przed podaniem pacjentowi leku (w cyklu). Zatem można było przyjąć, że lekarz dawkując lek i ustalając, który powinien być

podany i w jak długim cyklu, zapoznaje się z badaniami bezpośrednio poprzedzającymi podawanie leku. Próbując znaleźć odpowiednie zależności, wybrano 2 zupełnie przypadkowe cytostatyki, podawane w cyklach (nieważne jak długich i jakie były dawki). Dla każdego z tych leków pobrano cztery badania poprzedzające podanie leku. Zatem wybrano 12 pacjentów i dla każdego z nich po cztery badania morfologii krwi:

- po których podawano cytostatyki A,
- po których podawano cytostatyki B.

Wzięto pod uwagę przedziały czasowe, w których podawano wyłącznie cytostatyki jednego rodzaju. Jako że lekarz nie oblicza dokładnie przedziałów czasowych między poszczególnymi badaniami, wartości z morfologii zostały bezpośrednio podane na sieć.

W pierwszym etapie przyjęto, że będą pobierane tylko i wyłącznie 3 składniki krwi: hematokryt, leukocyty i płytki krwi. Erytrocytów i hemoglobiny nie brano pod uwagę. Jednak w drugim etapie uwzględniono 5 składników krwi.

Wynika z tego, że liczba neuronów wejściowych wynosi 12 (3 składniki krwi $\times$ 4 dni) lub 15. Wyjście stanowiły 2 neurony, co oznacza, że jeśli dane wejściowe odpowiadają cytostatykowi A, wzbudzony jest neuron numer 1. Gdy na wejściu są podane dane pacjenta, który w następnym dniu bierze cytostatyki B, wzbudzony jest neuron numer 2.

Eksperyment polegał na doborze odpowiedniej topologii sieci i doborze odpowiednich współczynników wewnętrznych sieci. W tym przypadku było bardzo dużo konfiguracji, które powodowały, że sieć odpowiadała dokładnie w 100%. Zatem sieć neuronowa „wiedziała” po badaniach tylko 3 składników krwi, co pacjent powinien brać w następnych dniach, jaki rodzaj cytostatyku. Sieć znakomicie odpowiadała na danych treningowych.

Następnie przygotowano dane testowe, czyli dane, których sieć nigdy wcześniej nie widziała. Zostało przygotowanych 8 wzorców wejściowych po 4 z każdej grupy. Zostały one podane na sieć. W tym przypadku było trochę gorzej, ale mimo to sieć rozpoznała aż 6 wzorców z 8 prawidłowo. W tym przypadku dobór odpowiedniej topologii sieci miał kluczowe znaczenie. Wyniki te uzyskano przy parametrach: 1 warstwa ukryta, w której było 3 neurony. Współczynnik nachylenia sigmoidy $\beta = 1,5$; współczynnik uczenia $\eta = 0,50$.

Należy nadmienić, iż jednego wzorca sieć nigdy przy żadnych konfiguracjach nie była w stanie się nauczyć. Zatem można przypuszczać, że był to zły wzorec do testowania. Powinien on być raczej włączony do trenowania sieci. W celu sprawdzenia, jak daleko taki wzorec jest od pozostałych (w sensie odległości euklidesowej), wzorec ten z pozostałymi został podany na sieć samoorganizującą się, która nie była w stanie rozseparować go od wzorców z drugiej grupy.

Przy pięciu składnikach morfologii krwi łatwiej można było nauczyć sieć, lecz też pozostawały pewne wzorce, których nie dało się rozseparować. W tym przypadku konieczna jest wiedza eksperta, który poda swoje kryteria.

3. Analiza klasyfikacji na podstawie sieci neuronowych wykorzystujących logikę rozmytą⁵

Ze względu na małą skuteczność w klasyfikacji sieci neuronowych, wynikającej przede wszystkim z niekompletności i braku dostatecznej dla wybranej metody dokładności danych do analizy, zaproponowano wykorzystanie sieci neuronowych rozmytych.

Celem przeprowadzenia omawianego doświadczenia jest sprawdzenie, czy systemy rozmyte i neuronowe są w stanie rozpoznać większą liczbę leków (grup leków), a następnie pogrupować pacjentów zgodnie z ich badaniami morfologicznymi i podawanymi lekami.

Badaniami objęto 63 pacjentów, których schemat leczenia był niezmienny w całym cyklu. Pacjentów tych podzielono na dwie grupy: grupę uczącą (27 pacjentów) i grupę testową (36 pacjentów). Na wejście sieci w postaci wektora podano 5 pierwszych badań morfologicznych (hematokryt, hemoglobina, erytrocyty, leukocyty i płytki krwi), a na wyjście zadano odpowiedni wzorec z przedziału $-1...1$.

Zmieniano współczynnik sigma, który decyduje o gładkości takiego odwzorowania. Im mniejsza wartość sigmy, tym lepsze dopasowanie w danym punkcie, ale jednocześnie gorsza gładkość funkcji. Przy właściwie dobranej wartości sigma otrzymuje się idealne dopasowanie krzywej w punktach pomiarowych, jak i poza nimi. Przy zbyt małej sigmie dopasowanie krzywej w punktach pomiarowych jest wprawdzie idealne, ale poza nimi odwzorowanie nie jest właściwe (zbyt szybki zanik do zera poszczególnych funkcji gaussowskich).

Ponadto zadawano różne wartości dla promienia granicznego, który decyduje o tworzeniu nowego klastra, sprawdzając, czy dane, które są aktualnie interpretowane, powinny wejść do któregoś z istniejących klastrów. Doświadczenie wykonano kilkadziesiąt razy.

- Na wejście zadano 5 badań morfologicznych, których wartości były z bardzo dużego przedziału, np. 0,39, 11,3, 3,5, 6,3, 119. Sieć dopiero przy bardzo dużej wartości sigmy ($\sigma = 12$) potrafiła pogrupować pacjentów, jednak nie otrzymano odpowiedzi zbliżonych do zadanego wzorca.
- W związku z tym, iż w poprzednich doświadczeniach nie uzyskano satysfakcjonujących wyników, zadawane dane na wejście zostały znormalizowane w przedziale od 0 do 1, zgodnie ze wzorem:

$$X = (a - \min) / (\max - \min).$$

⁵ Rutkowska, Piliński, Rutkowski 1997; Badura, Ferdynus 2004.

Okazało się, że otrzymane wartości w niektórych przypadkach niewiele różniły się od innych danych, tzn. zdarzało się bowiem tak, że dopiero tysięczna decydowała o różnicy między wartościami. Jednakże w tym przypadku, już przy małej wartości sigmy ($\sigma = 1$) sieć potrafiła rozróżnić pacjentów, lecz wszystkie otrzymane na wyjściu odpowiedzi były do siebie zbliżone.

- Ponadto, przy wartości sigmy > 4 sieć już nie potrafiła pogrupować danych, tzn. utworzyła np. 6 klastrów, natomiast wszystkie otrzymane wartości wyjściowe były identyczne. Okazało się, że najlepsze rozwiązanie uzyskiwano przy $\sigma = 0,45$ i promieniu granicznym $= 0,5$, jednak tak mała wartość współczynnika sigma nie jest zalecana. Dlatego też zachodzi podejrzenie, że sieć nie potrafiła dostatecznie rozróżnić od siebie bardzo podobnych danych, zadanych na wejściu, jak również mógł zaistnieć problem matematyczny, tzn. niepotrzebnie dane wejściowe zostały przekształcone ze swojej pierwotnej postaci do postaci z przedziału znormalizowanej.
- Takie samo doświadczenie przeprowadzono również, biorąc pod uwagę tylko trzy badania morfologiczne (hematokryt, hemoglobinę i erytrocyty). Jednakże uzyskiwane odpowiedzi były w większości nieprawidłowe.
- Powyższe doświadczenia przeprowadzono, zwiększając przedział zadanych wzorców z $[-1, 1]$ na $[-2, 2]$. Jednakże badania te nie przyniosły żadnych satysfakcjonujących rezultatów.

4. Analiza grupowania danych pacjentów chorych na zespół krążkowo-korzeniowy Klasyfikacja pacjentów za pomocą Fuzzy Neural Networks⁶

Celem przeprowadzenia omawianego doświadczenia jest sprawdzenie, czy systemy neuronowe wykorzystujące logikę rozmytą są w stanie pogrupować pacjentów zgodnie z ich badaniami i podawanymi lekami. W poniższej tabeli pokazano wyniki badań przed i po terapii 36 pacjentów. Jednak 2 pacjentów zostało wyeliminowanych z omawianej analizy.

Do badania zakwalifikowano zatem 34 pacjentów (w doświadczeniu nie biorą udziału pacjenci z nr 12 i 30), których podzielono na dwie grupy: grupę uczącą (11 pacjentów) i grupę testową (23 pacjentów). Na wejście sieci w postaci wektora podano następujące badania:

- analogowa skala regresji bólu (asrb) – podana jako współczynnik regresji,

⁶ Rutkowska, Piliński, Rutkowski 1997; Badura, Ferdynus 2004; Dyszkiewicz, Badura i in.

- wynik testu Becka na depresję maskowaną (tb) – podany jako współczynnik regresji,
- mechaniczny test Labsegu (lm) – obliczony jako wskaźnik asymetrii rozkładu. Należy wiedzieć, iż wartość tego testu ≤ 1 oznacza promieniowanie bólu do lewej nogi, a wartość >1 – do prawej nogi,
- wyniki z testu podoskopii statycznej przed i po terapii (PS) – obliczone jako wskaźnik asymetrii rozkładu,
- wyniki z testu podoskopii dynamicznej (pd) przed i po terapii – obliczone jako wskaźnik asymetrii rozkładu,
- dane opisujące mięśniową symetrię pleców (pg) przed i po terapii – obliczoną jako wskaźnik asymetrii rozkładu.

Natomiast na wyjście zadano odpowiedni wzorec: 1 (lek p) i 0 (lek a).

Zmieniało współczynnik sigma, który decyduje o gładkości takiego odwzorowania. Im mniejsza wartość sigmy, tym lepsze dopasowanie w danym punkcie, ale jednocześnie mniejsza gładkość funkcji. Przy właściwie dobranej wartości sigma otrzymuje się idealne dopasowanie krzywej w punktach pomiarowych, jak i poza nimi. Przy zbyt małej sigmie dopasowanie krzywej w punktach pomiarowych jest wprawdzie idealne, ale poza nimi odwzorowanie nie jest właściwe (zbyt szybki zanik do zera poszczególnych funkcji gaussowskich).

Ponadto zadawano różne wartości promieniowi granicznemu, który decyduje o tworzeniu nowego klastra, sprawdzając, czy dane, aktualnie interpretowane, powinny wejść do któregoś z istniejących klastrów.

Po przeprowadzeniu kilkudziesięciu doświadczeń okazało się, że systemy neuronowe wykorzystujące logikę rozmytą nie były w stanie prawidłowo pogrupować zadanych na wejście danych. Wraz ze zmniejszającą się wartością promienia granicznego i zmniejszającą się wartością współczynnika sigmy wzrastała liczba tworzonych klastrów (grup), co było niezgodne z zadanymi na wyjście wzorcami.

5. Analiza klasyfikacji za pomocą Case-Based Reasoning⁷

Biorąc pod uwagę poprzednie eksperymenty, które nie przyniosły oczekiwanych rezultatów, postanowiono sklasyfikować dane za pomocą metody wnioskowania opartego na bazie przypadków. Znając trzy podstawowe warunki (regularność, powtarzalność zjawisk, ciągłość modelowanej rzeczywistości), które musi spełniać modelowany wycinek rzeczywistości, aby oczekiwać pozytywnych wyników zastosowania tych systemów (Kolodner 1993), można za-

⁷ Ratajczak, Kolodner 1993; Dyszkiewicz, Badura i in. [w druku].

łożyć, iż technika ta będzie w stanie poradzić sobie ze złożonością danych, a także z dużą ich niekompletnością.

Doświadczenie przeprowadzono w dwóch podejściach:

1. Do analizy wyznaczono 34 pacjentów chorych na zespół krążkowo-korzeniowy w przestrzeni L5, S1 wraz z ich 16 atrybutami (cechami), które są definiowane przez poszczególne wymiary. W tabeli 2 przedstawiono obiekty wraz z ich atrybutami.

W obrębie jednej cechy istnieje różnica między wartością tej cechy we wzorcu i obiekcie z bazy. Każdej cesze zadano wartość wagową, która została ustalona wcześniej z ekspertem. Zatem najpierw obliczono podobieństwo tzw. lokalne – w obrębie jednej cechy. Obliczanie tej wartości musiało być oparte na wiedzy eksperckiej, albowiem funkcja podobieństwa lokalnego może być zupełnie dobrze/również nieliniowa, a także nieciągła. Zatem najpierw została wyliczona wartość bezwzględna z różnicy pomiędzy cechami. Następnie została ona znormalizowana, czyli podzielona przez największą możliwą wartość różnicy, która powstała. Tak obliczone podobieństwo pomnożono przez wagę, którą ustalono wcześniej z ekspertem dla danej cechy.

Po obliczeniu podobieństwa lokalnego policzono wartość sumaryczną podobieństwa, którą nazywamy podobieństwem globalnym, gdyż jest ona odległością w obrębie wszystkich cech. Wartość podobieństwa globalnego została oszacowana za pomocą modyfikacji średniej arytmetycznej, czyli dodano wszystkie lokalne podobieństwa już wcześniej pomnożone przez ich wagi, a następnie podzielono przez sumę wszystkich wag.

W doświadczeniu każdy pacjent był porównywany ze wszystkimi w bazie. Ponadto założono, że cała grupa pacjentów ma zostać podzielona na 9, 7 lub 4 klastry. Po znalezieniu odpowiednich wag i porównaniu każdego pacjenta z grupą wszystkich chorych można stwierdzić, że metoda potrafiła pogrupować obiekty na zadaną liczbę k.

Drugie podejście było oparte na tych samych zasadach, co omówione w punkcie powyżej. Różnica jednak polegała na tym, że została zwiększona liczba cech obiektów. Do 16 wcześniej zadanych cech dodano 8, które stanowiły zawartość związków chemicznych, tj. magnezu, wapnia, fosforu i miedzi we włosach i paznokciach. Zbadano bowiem (D y s z k i e w i c z, B a d u r a i in. [w druku]), iż istnieje różnica średniej zawartości wyżej wymienionych pierwiastków pomiędzy całą grupą badanych a podgrupą ze skrzywieniem bocznym kręgosłupa. Zauważono bowiem, że u pacjentów z bocznym skrzywieniem kręgosłupa daje się zauważyć wyraźnie wyższą zawartość wapnia (Ca) i nieznacznie podwyższoną zawartość magnezu (Mg) we włosach oraz wyraźnie obniżoną zawartość fosforu (P) w paznokciach.

Po przeprowadzeniu testów klasyfikacyjnych metodą CBR można było stwierdzić, że metoda ta sklasyfikowała pacjentów na wyznaczoną liczbę klastrów. Grupy te są bardzo zbliżone do grup wygenerowanych w poprzednim po-

Tabela 2

Dane do analizy baz chemii

Lek	Wsk. ASRB	Wsk. TB	LM przed	LM po	St-wyl.	PS przed	PS po	W-s-wyl.	PD przed	PD po	St-wyl.	PG przed	PG po	St-wylecz.	Kod-wady
1	-0,45	-0,830	0,692	0,92	0,228	1,16	1,08	-0,08	1,25	1,14	-0,11	1,35	1,21	-0,14	1,0
1	-0,40	-0,880	0,700	0,92	0,220	1,18	1,11	-0,07	1,29	1,17	-0,12	1,42	1,15	-0,27	0,0
0	-1,00	-1,300	0,818	1,00	0,182	1,14	1,10	-0,04	1,23	1,13	-0,10	1,25	1,15	-0,10	0,0
1	-0,10	0,000	1,200	1,08	-0,120	0,83	0,90	0,07	0,79	0,88	0,09	0,71	0,85	0,14	0,0
0	-0,30	-1,400	1,080	1,06	-0,020	0,90	0,94	0,04	0,87	0,89	0,02	0,79	0,86	0,07	0,0
0	-0,90	-1,500	0,635	1,00	0,365	1,27	1,14	-0,13	1,33	1,17	-0,16	1,33	1,21	-0,12	1,0
1	-0,20	-3,750	1,500	1,23	-0,270	0,75	0,83	0,08	0,72	0,86	0,14	0,77	0,86	0,09	0,0
0	-0,40	-1,500	0,880	0,93	0,050	1,29	1,13	-0,16	1,30	1,19	-0,11	1,35	1,21	-0,14	1,0
1	-0,30	-0,600	0,880	0,91	0,030	1,27	1,18	-0,09	1,29	1,15	-0,14	1,23	1,12	-0,11	1,0
1	-0,30	-1,500	0,940	1,00	0,060	1,19	1,09	-0,10	1,23	1,11	-0,12	1,27	1,21	-0,06	0,0
0	-0,35	-0,770	0,870	0,83	-0,040	1,22	1,10	-0,12	1,28	1,13	-0,15	1,32	1,18	-0,14	1,0
0	-0,40	-0,180	1,150	1,00	-0,150	0,87	0,93	0,06	0,82	0,90	0,08	0,81	0,91	0,10	0,0
0	-0,50	-1,600	0,850	0,92	0,070	1,26	1,12	-0,14	1,29	1,18	-0,11	1,31	1,22	-0,09	0,9
1	-0,40	-0,330	0,750	1,00	0,250	1,34	1,17	-0,17	1,37	1,09	-0,28	1,29	1,16	-0,13	1,0
0	-0,60	-2,100	1,330	1,14	-0,190	0,71	0,88	0,17	0,69	0,85	0,16	0,82	0,89	0,07	0,0
1	-0,70	-1,500	0,875	1,00	0,125	1,27	1,15	-0,12	1,24	1,11	-0,13	1,36	1,23	-0,13	1,0
1	-0,80	-0,500	1,220	1,00	-0,220	0,81	0,92	0,11	0,84	0,94	0,10	0,78	0,89	0,11	0,0
0	-0,80	-1,500	0,700	1,00	0,300	1,37	1,19	-0,18	1,33	1,12	-0,21	1,40	1,22	-0,18	0,0
1	-0,60	-0,390	1,100	1,00	-0,100	0,88	0,91	0,03	0,85	0,93	0,08	0,81	0,88	0,07	0,0
0	-0,60	-0,740	1,330	1,00	-0,330	0,72	0,89	0,17	0,75	0,92	0,17	0,87	0,91	0,04	0,5
0	-0,20	-0,200	0,500	1,00	0,500	1,41	1,18	-0,23	1,45	1,21	-0,24	1,33	1,15	-0,18	0,8

cd. tab. 2

Lek	Wsk. ASRB	Wsk. TB	LM przed	LM po	St-wyl.	PS przed	PS po	Ws-wyl.	PD przed	PD po	St-wyl.	PG przed	PG po	St-wylcz.	Kod-wady
0	-0,20	-0,125	0,390	0,66	0,270	1,49	1,25	-0,24	1,41	1,17	-0,24	1,34	1,26	-0,08	0,7
0	-0,50	0,000	0,750	1,00	0,250	1,31	1,20	-0,11	1,36	1,19	-0,17	1,29	1,09	-0,20	0,0
0	-0,40	0,000	1,290	1,00	-0,290	0,83	0,91	0,08	0,81	0,89	0,08	0,76	0,88	0,12	0,8
0	-0,30	-0,520	2,660	1,10	-1,560	0,74	0,93	0,19	0,77	0,90	0,13	0,82	0,89	0,07	0,0
1	-0,50	0,080	0,875	1,00	0,125	1,26	1,17	-0,09	1,30	1,20	-0,10	1,23	1,12	-0,11	0,0
0	-0,40	-0,090	0,860	1,00	0,140	1,22	1,14	-0,08	1,26	1,18	-0,08	1,29	1,21	-0,08	0,0
0	-1,00	-0,200	1,180	1,00	-0,180	0,87	0,92	0,05	0,83	0,88	0,05	0,81	0,89	0,08	0,0
1	-0,30	-0,500	1,160	1,06	-0,100	0,88	0,90	0,02	0,86	0,91	0,05	0,79	0,88	0,09	0,4
1	-0,25	-0,640	1,070	1,00	-0,070	0,85	0,90	0,05	0,83	0,88	0,05	0,79	0,84	0,05	0,3
0	-0,40	-0,375	0,800	0,94	0,140	1,23	1,12	-0,11	1,25	1,09	-0,16	1,30	1,24	-0,06	0,0
1	-0,30	-0,500	1,000	1,00	0,000	1,12	1,09	-0,03	1,15	1,10	-0,05	1,17	1,16	-0,01	0,4
0	-0,30	-0,830	1,150	1,00	-0,150	0,89	0,91	0,02	0,87	0,93	0,06	0,85	0,91	0,06	0,0
0	-0,40	-0,200	1,550	1,15	-0,400	0,75	0,92	0,17	0,73	0,90	0,17	0,77	0,89	0,12	0,0

dejściu. Można również wyodrębnić pacjentów, którzy zarówno w podejściu pierwszym, jak i drugim mają te same miejsce w grupie i tych samych sąsiadów. Ponadto metoda ta poradziła sobie z brakami w danych. W wyniku tego doświadczenia można wyodrębnić pacjentów, którzy zarówno w pierwszym podejściu, jak i w drugim są sąsiadami, a więc ich współczynnik podobieństwa jest bardzo podobny. Można także zauważyć, że pacjent nr 27 jest obiektem, który występuje albo na samym końcu klasyfikacji, albo jest przyporządkowany do różnych grup.

6. Wnioski

Ostatecznym celem pracy jest opracowanie systemu działającego *online*, wspomagającego lekarza w podjęciu decyzji przy opracowywaniu terapii leczenia pacjenta, jak również stworzenie systemu analizy skuteczności leczenia chorych. Na podstawie badań diagnostycznych system będzie klasyfikował dane, przyporządkowując je do odpowiednich grup terapeutycznych. Ponadto ze względu na to, że bardzo często mamy do czynienia z niepełną informacją w danych medycznych, powinien on uwzględniać braki w danych.

Biorąc powyższe eksperymenty pod uwagę, można stwierdzić, że:

- Sieć neuronowa jest w stanie rozróżnić na podstawie badań krwi, jaki cytostatyk powinien być podany. Jednym z problemów jest to, że sieć rozróżniała tylko 2 cytostatyki, podczas gdy jest ich kilkanaście. Inny problem stanowi brak pewnych informacji, które mogłyby nawet w znacznym stopniu zmienić sposób przeprowadzania eksperymentów, np. czy pacjent został wyleczony, w którym momencie leczenia został przeprowadzony zabieg operacyjny (jeśli był przeprowadzany).
- Przeprowadzone symulacje pozwalają wnioskować, że im więcej danych wejściowych (badań morfologicznych), tym uzyskiwane odpowiedzi były bardziej zróżnicowane. Wartości podawane na wejście znajdowały się w przedziale 0, 1. Niektóre z nich różniły się setną bądź nawet tysięczną. Istnieje zatem przypuszczenie, że sieć nie potrafiła rozróżnić ostro tak zbliżonych do siebie wartości. Dlatego też należy zastanowić się nad innym matematycznym rozwiązaniem tego problemu. Można również zauważyć, że sieć w niewielkim stopniu rozróżnia podawane na wyjściu wzorce. Przypuszczalnie należałoby zwiększyć przedział zadanych odpowiedzi z $-1, 1$ lub z $[-2, 2]$ na zupełnie inny.
- Przeprowadzono analizę zastosowania do klasyfikacji przypadków techniki wnioskowania opartego na bazie przypadków. Badania pokazały, że metoda ta jest w stanie poradzić sobie z niepełną informacją. Ponadto można stwier-

dzić, że metoda CBR wraz z metodą sztucznych systemów immunologicznych mogą poradzić sobie z danymi medycznymi, które są wartościami rzeczywistymi. Wzbogacenie metody klasyfikacji przez zastosowanie systemów sztucznej immunologii pozwoli uzyskać system klasyfikacji równocześnie uczący się i klasyfikujący.

Literatura

- Badura D., Ferdynus D., 2004: *Grupowanie obiektów za pomocą Fuzzy Neural Nets na przykładzie pacjentów chorych na nerczaka zarodkowego*. Proceedings of XXVI International Autumn Colloquium ASIS. Ostrava, Sv. Hostyn, September.
- Baza danych pacjentów chorych na nerczaka. www.urologiapolska.pl.
- Dyszkiewicz A., Badura D., Ferdynus D., Binkowski M., Wróbel Z.: *Fotodensytometryczno-strukturalna analiza radiogramów kości w odniesieniu do zawartości minerałów we włosach i paznokciach* [w druku].
- Ferdynus D., Badura D., 2003: *Rozpoznawanie procesu leczenia nerczaka z wykorzystaniem sieci neuronowych*. Materiały XIII Krajowej Konferencji „Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna”. Gdańsk.
- Kolodner J., 1993: *Case-based Reasoning*. San Francisco, California: Morgan Kaufmann Publishers, Inc.
- Osowski S., 1997: *Sieci neuronowe w ujęciu algorytmicznym*. Warszawa: WNT.
- Przyłucki K., 1994: *Analiza danych dotyczących chemioterapii*. Warszawa: TECMATH Polska.
- Ratajczak T.: *Systemy informatyczne z bazami przypadków*. <http://www.eti.pg.gda.pl>.
- Rutkowska D., Piliński M., Rutkowski L., 1997: *Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte*. Warszawa–Łódź: PWN.
- Stanisz A., 1998: *Przystępny kurs statystyki w oparciu o program Statistica PL na przykładach z medycyny*. Kraków: StatSoft Polska. www.statsoft.pl.
- Tadeusiewicz R., 2001: *Wprowadzenie do praktyki stosowania sieci neuronowych*. Kraków: StatSoft Polska. www.statsoft.pl.

R o z d z i a ł 6

KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE GROMADZENIA I ANALIZY DANYCH Z MIKROMACIERZY OLIGONUKLEOTYDOWYCH W BADANIACH EKSPRESJI GENÓW

Magdalena Tkacz, Adam Wilczok

Streszczenie: W pracy przedstawiono tematykę związaną ze stosunkowo nową metodą pozyskiwania informacji w medycynie – technologią mikromacierzy DNA i omówiono przykładowe wykorzystanie możliwości obliczeniowych komputera do filtrowania wyników danych z mikromacierzy. Przedstawiono typy mikromacierzy i etapy eksperymentu wykonywanego z ich wykorzystaniem. Eksperymenty takie umożliwiają m.in. wykrycie zmian w ekspresji genów w żywych komórkach – a co za tym idzie – ich podatność lub odporność na leki i inne ksenobiotyki. Opisano również pojęcia niezbędne do zrozumienia ekspresji genów i ich znaczenie oraz zaproponowano rozwiązanie w postaci hurtowni danych opracowanej z myślą o składowaniu i analizie danych mikromacierzowych.

Słowa kluczowe: mikromacierz, hurtownia danych, ekspresja genów, analiza danych

Abstract: A relatively new method of biomedical data acquisition – microarray technology and an example of computational capacity possibilities for filtering of microarray data were described. The types of microarrays used and subsequently microarray experiment steps were discussed. Such kind of experiments makes possible finding changes in gene expression in living cells effected by drugs and other xenobiotics to check the cell resistance or sensibility. Some terms necessary for understanding gene expression and its importance were explained. A proposal of the data warehouse solution, developed with special attention for storage and the analysis of microarray data was presented.

Keywords: microarray, data warehouse, gene expression, data analysis

1. Wstęp

Druga połowa XX wieku i początek XXI to bardzo szybki rozwój różnego rodzaju technologii, których rozwój pozwala na osiąganie coraz lepszych wyników i badanie różnorodnych zjawisk, często wcześniej niedostępnych ze względu na ograniczoną percepcję człowieka. Technologie informatyczne są już również obecne praktycznie we wszystkich dziedzinach życia. Siłą rzeczy, gdy za sprawą rozwoju technologii możliwe jest coraz dokładniejsze opisywanie zjawisk i procesów w otaczającym nas świecie, rośnie też ilość gromadzonych danych. Są to albo dane opisujące coraz dokładniej badane zjawisko lub proces (ze względu na wzrost możliwości pozyskania danych: większą liczbę odczytów w jednostce czasu lub większą dokładność odczytu). Mogą to również być dane pozyskane poprzez wykorzystanie urządzeń zwiększających możliwości percepcji człowieka w odkrywaniu praw rządzących zjawiskami i procesami w naszym otoczeniu, zarówno w skali makro, jak i mikro. Paradoksalnie jednak – większość tak pozyskiwanych danych nie jest użyteczna ze względu na brak możliwości ich wykorzystania: ich ilość przekracza możliwości percepcji i przetworzenia przez człowieka. Ponadto, bardzo często wymagane jest wykorzystywanie wiedzy z różnych dziedzin – właściwie bez wahania można je określić jako interdyscyplinarne. Przedmiotem rozważań mogą być: zarówno wpływ środowiska przyrodniczego, w którym żyjemy, problemy epigenetyki, zrozumienie, w jaki sposób „działa” ludzki organizm, wpływ przyjmowanego pożywienia, wpływ leków oraz ksenobiotyków i inne problemy funkcjonowania żywych organizmów. Czy dysponując coraz bardziej szczegółowymi informacjami na temat funkcjonowania naszych organizmów, będziemy w stanie dokładniej zrozumieć zachodzące w nich mechanizmy? Jedną z metod, która umożliwia i przyspiesza szczegółowe „rozpracowanie” zasad funkcjonowania komórek, a w konsekwencji i całych organizmów jest stosowanie mikromacierzy. Nie jest jednak możliwe wykorzystanie danych pozyskiwanych z mikromacierzy bez wykorzystania technologii informatycznych ze względu na liczbę pozyskiwanych danych i konieczność ich przetworzenia. Systemami przechowywania i przetwarzania danych mogą być zarówno spotykane już powszechnie bazy danych (ang. *databases*), jak i bazy danych z poszerzonymi możliwościami analizy danych określanymi czasami jako hurtownie danych (ang. *data warehouse*). W ostatnich latach dynamicznie rozwija się również dziedzina związana z wydobywaniem informacji ze zgromadzonych danych, tzw. eksploracja/zgłębianie danych (ang. *data exploration, data mining*).

Z tymi rozważaniami, związanymi z oceną funkcjonowania żywych komórek (na poziomie molekularnym) z wykorzystaniem technologii mikromacierzy oraz specjalizowanymi systemami przechowywania i przetwarzania danych związany jest ten rozdział.

2. Informacja w organizmach żywych¹

Procesy zachodzące w żywych komórkach są rezultatem reakcji biochemicznych zachodzących pomiędzy wieloma cząsteczkami, w tym białkami, będącymi swego rodzaju polimerami aminokwasów (czyli stosunkowo prostych związków organicznych). Białka mogą zawierać dodatkowo w swoim składzie określone pierwiastki chemiczne. Liczba aminokwasów w białku może sięgać nawet wielu setek. Białka enzymatyczne biorą udział w produkcji prawie wszystkich związków chemicznych, które można znaleźć w żywych komórkach. Różne białka są produkowane w różnych komórkach, a to, jakie białka są wytwarzane, determinowane jest informacją zawartą w kodzie genetycznym. Każdy z aminokwasów jest kodowany przez specyficzne struktury – nukleotydy, będące częścią dużej cząsteczki, jaką jest kwas deoksyrybonukleinowy (DNA). Przestrzenna struktura DNA to tzw. podwójna helisa zbudowana z czterech monofosforanowych nukleotydów. Całość informacji kodowana jest za pomocą czterech zasad: adeniny, cytozyny, guaniny, tyminy połączonych ze sobą poprzez deoksyrybozy i grupy fosforanowe. Informacja jest kodowana kodonem złożonym z trzech zasad, warunkuje ona lokalizację każdego aminokwasu w białku. Jednostka informacji jest nazywana genem, a liczba genów jest uzależniona od złożoności organizmu – im bardziej złożony organizm, tym w większej liczbie genów zakodowana jest informacja o jego budowie i działaniu. W uproszczeniu, wszystkie geny i DNA zawarte w komórce noszą nazwę genomu. Na gen składają się sekwencje kodujące, tzw. eksony, i sekwencje niekodujące, tzw. introny, co nie oznacza jednak, że introny nie mają wpływu na przekazywanie informacji. Można posłużyć się tu analogią do asynchronicznej transmisji danych w sieci komputerowej – odpowiednikami sekwencji kodujących są bity danych, odpowiednikami sekwencji niekodujących są bity startu i stopu. Stan aktywności genu określa jego ekspresja. Informacja zawarta w DNA nie może być odczytywana bezpośrednio, musi być najpierw „przepisana” na RNA (kwas rybonukleinowy), z którego, po usunięciu intronów, powstaje mRNA (ang. *messenger RNA*) – tzw. informacyjny RNA. Dopiero z mRNA, w cząsteczce zwanej rybosomem, może zostać odczytana sekwencja kodonów, na podstawie której w procesie zwanym translacją powstanie białko. Oczywiście w procesach tych może dojść do przekłamania informacji. W genach istotnych dla funkcjonowania komórki nie jest ona dopuszczalna i komórka z uszkodzonym genem nie będzie mogła prawidłowo funkcjonować. W takich przypadkach uszkodzenie jest wykrywane, a komórka — niszczona. Wydaje się na podstawie dotychczasowych badań, że w niektórych genach uszkodzenia nie mają większego znaczenia i część informacji może zostać zmodyfikowana. Badania

¹ Passarge 2004; Koolman 2005.

związane z powiązaniem określonych genów z konkretnymi jednostkami chorobowymi są jak najbardziej uzasadnione.

3. Badania genomowe²

Jak wspomniano na wstępie, rozwój technologiczny pozwolił na wykonywanie badań w skali, o której niedawno można było tylko pomarzyć. Średnica helisy DNA wynosi ok. 2 nm (od 1,84 dla Z-DNA do 2,55 dla D-DNA), jej długość natomiast może po „rozprostowaniu” przekraczać kilka metrów. Obecnie, dzięki nanotechnologiom możliwe jest prowadzenie badań na pojedynczych niciach DNA. Dzięki mikromacierzom – urządzeniom – czy też może raczej nowej technologii, która pojawiła się w ostatnim dziesięcioleciu XX wieku, możliwy jest odczyt ekspresji genów w poszczególnych tkankach i komórkach (K n u d s e n 2002). Badania takie mogą służyć do określania np. skuteczności działania leku opartego na porównaniu ekspresji genu w komórce przed i po podaniu określonego leku. Jest to wykorzystywane w badaniach nad komórkami nowotworowymi do określenia stopnia skuteczności leków cytotoksycznych i cytotatycznych z równoczesnym uwzględnieniem ewentualnego wystąpienia skutków ubocznych związanych z ich wprowadzeniem do organizmu. Niemal każdy z podawanych związków chemicznych jest w specyficzny sposób metabolizowany w organizmie. Odczyt zmiany ekspresji genu będący odpowiedzią na zastosowany lek może naprowadzić biochemika na trop, który pozwoli na zidentyfikowanie lub odnalezienie konkretnego szlaku przemian metabolicznych, co może wyjaśnić mechanizmy przemian zachodzące w komórce. Badania aktywności genów z użyciem technologii mikromacierzy są bardzo przydatne w ocenie zmian aktywności wielu genów równocześnie (współczesne macierze pozwalają na równoczesną analizę 22 lub 44 tys. pól/genów), ale nie zawsze są precyzyjne. Mogą być punktem startowym do wstępnej selekcji genów, którym należy poświęcić więcej uwagi i przebadać zmianę ich aktywności metodami bardziej precyzyjnymi – hybrydyzacją typu Northern, RT-QPCR i in. Technika mikromacierzy umożliwia ocenę zmiany aktywności genów w czasie, jednak nie umożliwia oceny wzajemnego współoddziaływania genów pomiędzy sobą (gdyż nie wiadomo, czy dodanie substancji A spowoduje równoczesny wzrost aktywności genów x_1 i x_2 , czy też substancja A spowodowała wzrost aktywności genu x_1 , a ten, produkując enzym, wpłynie na aktywność x_2). Technologia wykonywania mikromacierzy również implikuje powstawanie szumu informacyjnego (migracja sond – oznakowanych oligonukleotydów na sąsiednie pola),

² Mazurczak 2004; Koolman 2005.

co dodatkowo utrudnia opracowanie danych uzyskanych podczas eksperymentu. Ze względu na dużą liczbę genów poddawanych równocześnie badaniom nie jest możliwe rozwiązanie powyższych problemów bez korzystania z mocy obliczeniowej komputerów i technologii informatycznych.

4. Mikromacierze DNA i ich zastosowanie

Mikromacierze mogą być wykorzystywane w badaniach dotyczących ekspresji genów, detekcji mutacji oraz genotypowaniu. Generalnie dostępne są dwa typy mikromacierzy: mikromacierze dwukanałowe – zwane też mikromacierzami cDNA i nowsze, jednokanałowe – mikromacierze oligonukleotydowe (np. (affy)). W przypadku mikromacierzy cDNA równoczesnej analizie podlegają zarówno kontrolne (zdrowe) próbki tkanek, jak i badane, w macierzach oligonukleotydowych – każdorazowo jeden typ tkanki (wiki). Mikromacierze cDNA są tańsze w wykonaniu – znakowane fluorochromami próbki nici cDNA nanosi się na szklaną lub plastikową płytkę. Ich wykonanie może być realizowane bezpośrednio w ośrodku wykonującym badania – wyposażonym w odpowiednie zautomatyzowane stanowisko zapewniające zachowanie dużej precyzji w umieszczaniu tysięcy genów na powierzchni jednego cała kwadratowego. Mikromacierze GeneChip są droższe, do wykonania badania konieczny jest zakup konkretnego mikrochipa, czyli płytki z odpowiednio przygotowanymi oligonukleotydami umieszczonymi na płytce. Dokładniejsze informacje dotyczące mikromacierzy można znaleźć w (Kisiel i in. 2004) i (Friend, Stoughton 2002). W (biodav) można obejrzeć animacje Flash przedstawiającą zasadę wykonywania eksperymentu z mikromacierzami cDNA. W 2004 roku Carole L. Yauk i współpracownicy (Yauk) porównali 6 różnych technologii wytwarzania i wykorzystania mikromacierzy. Opierając się na standardzie MIAME (ang. Minimal Information About a Microarray Experiment) (miame), podkreślili, że niewiele jeszcze wiadomo o możliwościach interpretacji profilu transkrypcji i różnicowej ekspresji badanych genów. Porównując ekspresję genów na platformach oligonukleotydowych i platformach cDNA, autorzy ci porównali powtarzalność uzyskanych wyników, wykazując, jak wiele zależy od jakości wykonania samej platformy.

Jednym z często przeprowadzanych badań z wykorzystaniem tej technologii są badania nad skutecznością leków, np. przeciwnowotworowych. Badanie polega na pomiarze ekspresji genów w tkankach prawidłowych, tkance nowotworowej – i potem na pomiarze ekspresji genów po dodaniu różnych substancji leczniczych. Ekspresja genów może być zmniejszona lub zwiększona – w zależności od działania leku. Z drugiej strony mikromacierze mogą wskazać na

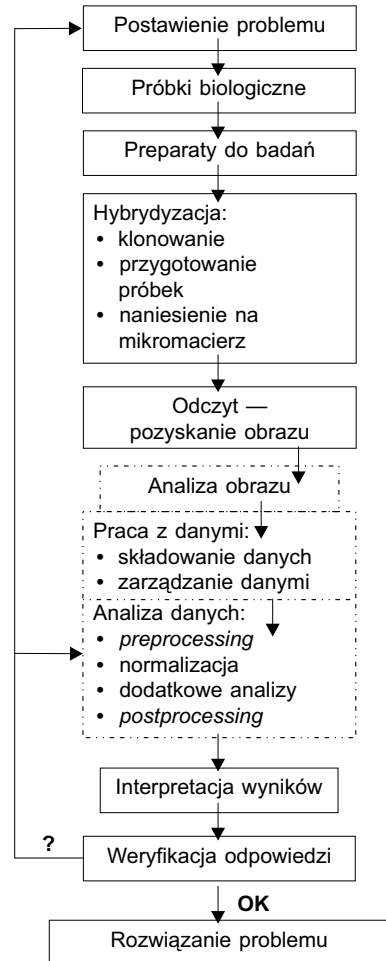
obecność lub aktywność genów, które są ściśle związane z mechanizmami działania badanych substancji, np. o działaniu przeciwnowotworowym. Należy brać pod uwagę, że dostępne w handlu matryce mikromacierzy z konieczności mają „z góry” ustaloną ilość DNA (czy oligonukleotydu) na nośniku (nylonowym lub na płytce szklanej). Przy zbyt małym ich stężeniu można oczekiwać nawet ekstremalnie niskich poziomów ekspresji, pomimo iż „teoretycznie” dany gen jest szczególnie wrażliwy na działanie określonego związku chemicznego.

Opisane powyżej zjawisko było podstawą rozwoju badań nad ulepszeniem technik mikromacierzy. W wielu przypadkach opracowano metody, gdzie na powierzchni siatki mikromacierzy umieszczono kilkanaście lub kilkaset genów, których właściwości były albo poprzednio opisane, albo o których wiadano, że mogłyby uczestniczyć w mechanizmach działania badanych substancji, gdyż znane czynniki przeciwnowotworowe, np. o charakterze antymetabolitów, są stosowane w praktyce klinicznej od wielu lat. Dużą wagę przypisuje się ustaleniom wielkości stosowanej dawki u pacjentów z określoną chorobą nowotworową, pojawianiem się efektów ubocznych, wyborem mieszaniny leków cytotatycznych najskuteczniejszych w określonych przypadkach nowotworów, ustaleniem sposobu i częstotliwości podawania preparatów itd. Efekty uboczne wielu leków stosowanych w chemioterapii nowotworów urosły do miary poważnego problemu naukowego i etycznego w świetle artykułu opublikowanego w „Nature Medicine” z 23 lipca 2006 roku (Kerker i in. 2006) dotyczącego kardiotoxyczności w przypadkach stosowania leku Gleevec w terapii nowotworowej. Z badań prowadzonych w wielu ośrodkach akademickich wynika, że znany jako lek inhibitor kinazy tyrozynowej imatinib (Gleevec, Novartis), stosowany w leczeniu białaczki szpikowej wywołał u 10 osobników poważne zaburzenia czynności serca. Ostatnie doniesienia, dotyczące pojawienia się ciężkich schorzeń serca u ludzi przyjmujących Gleevec, zobowiązują do dokładniejszej analizy mechanizmów zwalczania chorób nowotworowych opartych na efektach związanych z działaniem kinaz. Jest nie do zaakceptowania fakt, że pacjent co prawda zostanie „wyleczony” z nowotworu, ale umrze z powodu choroby serca wywołanej przyjmowaniem leków przeciwnowotworowych.

5. Przeprowadzanie eksperymentów z wykorzystaniem mikromacierzy

Ogólny schemat przebiegu eksperymentu z wykorzystaniem technologii mikromacierzy przedstawiono na rys. 1. Linia przerywaną oznaczono etapy, w których pomoc i wsparcie informatyków są niezbędne.

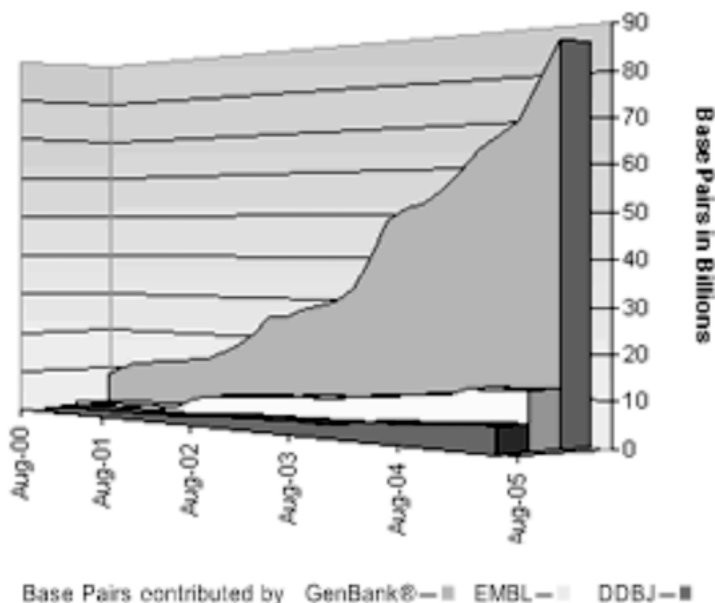
Rys. 1. Przebieg eksperymentu z wykorzystaniem technologii mikromacierzy DNA



Początkowy brak ustalonego standardu odnośnie do przeprowadzania eksperymentów z wykorzystaniem mikromacierzy spowodował pewne trudności związane ze współpracą oraz wymianą informacji. Obecnie został zaakceptowany przez wiele ośrodków standard oparty na XML, wspomniany wcześniej MIAME, który określa minimum informacji, jakie powinien zawierać opis badania-doświadczenia z wykorzystaniem mikromacierzy, by umożliwić wykorzystanie wyników szerszej społeczności badaczy.

Jedną z większych baz danych, zawierających informacje dotyczące poszczególnych sekwencji, dostępną dla wszystkich zainteresowanych, jest GenBank (genbank), a wzrost liczby danych w bazie przedstawiono na rys. 2. Dodatkowe, znane bazy dostępne *online* to np. EMBL (embl) oraz DDBJ (ddbj).

Growth of the International Nucleotide Sequence Database Collaboration



Rys. 2. Wzrost rozmiaru bazy danych GenBank (za: genbank).

Nietrudno zauważyć, że wzrost liczby danych – szczególnie w przypadku GenBank – ma już tendencję wykładniczą. Jest rzeczą oczywistą, że przy tak ogromnej, już zgromadzonej, ilości danych – i stałym jej wzroście w takim tempie nie jest możliwa analiza i skorzystanie z tych danych bez wyspecjalizowanych systemów informatycznych. Systemy te powinny być zaprojektowane ze szczególną starannością, jeśli chodzi o dobór algorytmów oraz optymalizację kodu pod względem wykorzystania pamięci operacyjnej, co powinno umożliwić optymalną pracę systemów wspomagających analizę danych tego typu. Nie bez znaczenia podczas projektowania systemów dedykowanych do pracy w tym zakresie będzie uwzględnienie intensywnej wymiany danych z nośników danych. Często przydatne jest też pobieranie dodatkowych informacji poprzez sieć Internet. Powyższe uwagi z góry wymuszają przyjęcie określonych założeń projektowych odnośnie do bioinformatycznych systemów komputerowych – mających umożliwiać gromadzenie i analizę danych biologicznych lub medycznych.

6. Przygotowanie próbek i pozyskiwanie danych

W badaniach techniką mikromacierzy można wyróżnić kilka etapów. Część związana z odpowiednim przygotowaniem próbek z tkanek lub komórek jest stosunkowo czasochłonna, praco- i kosztochłonna. Ta część eksperymentu wykonywana jest przez osoby o przygotowaniu medycznym, biologicznym, farmaceutycznym lub innym, ale najczęściej niezwiązanym bezpośrednio z informatyką. Dostępna aparatura umożliwia odczyt danych, np. poziomu fluorescencji z poszczególnych mikromacierzy. Paradoksalnie jednak, postęp naukowy i technologiczny umożliwiający pozyskiwanie coraz dokładniejszych i coraz większych ilości danych właściwie tylko pozornie zwiększył możliwość ich wykorzystania w praktyce, gdyż liczba sukcesywnie pozyskiwanych i składowanych danych jest ogromna. W chwili obecnej w większości nauk przyrodniczych zauważalny staje się – znany już od kilku lat środowisku informatycznemu – dylemat związany z ilością informacji i koniecznością jej przetworzenia i/lub wyszukania. Najbardziej dobitnym przykładem są zasoby sieci WWW: problemem jest nie brak informacji, ale dotarcie do poszukiwanej, wiarygodnej informacji i znalezienie właściwych odnośników do konkretnej tematyki w rozsądnym czasie. Spowodowało to (zauważalny od kilku lat) wzrost podejmowanych wysiłków (prac naukowych i tematów badawczych) zmierzających do opracowania i wdrożenia różnego rodzaju metod selekcji i wyszukiwania informacji.

W przypadku danych z mikromacierzy – pomijając zagadnienia związane z błędami pomiarowymi, wykonaniem badania (włącznie z dostępem do materiału do badań) – problemem staje się wyszukanie interesującej nas w danym momencie informacji pozwalającej na uzyskanie odpowiedzi dotyczącej określonego problemu biologicznego lub biomedycznego. Informatycy nie są w stanie wykonywać omawianych badań i/lub interpretować uzyskanych wyników. Mogą jednak pomóc w opracowaniu skutecznych algorytmów i metod, czy też zaprojektowaniu i wdrożeniu systemów informatycznych (bazodanowych, hurtowni danych, systemów z elementami heurystyki i elementów inteligencji obliczeniowej) ułatwiających przetworzenie i wydobywanie użytecznych z praktycznego punktu widzenia informacji. Nie można wykluczyć, że konieczne będzie opracowanie nowych algorytmów i metod, ale być może wystarczy efektywne wykorzystanie lub adaptacja znanych już i stosowanych sposobów oceny aktywności badanych genów.

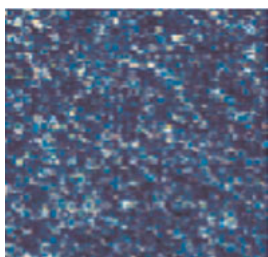
7. Obróbka i analiza danych z mikromacierzy

W przeprowadzonych przez autorów eksperymentach i przykładowej analizie danych jako ich źródło wykorzystano mikromacierz oligonukleotydową Affymetrix. Fragment uzyskanych danych jest prezentowany w postaci tabeli (zob. tab. 1), ale może być on również uzyskany w postaci obrazu rastrowego, w którym poziom ekspresji określonego genu odpowiada kolorowi na obrazie (rys. 3).

T a b e l a 1

Przykładowe dane z mikromacierzy w postaci liczb (ekspresja genów)
(Liczby oznaczają intensywność fluorescencji dla poszczególnych genów (kolumna 1)
w trzech hodowlach komórek (kolumny 2 do 4))

Symbol genu	Hodowla kontrolna komórek	Hodowla kontrolna + związek A	Hodowla kontrolna + związek B
MMP14	5.904916	5.859608	5.949325
SPARC	2.454956	2.571326	2.367730
EPAS1	3.788308	3.904229	3.756821
EPAS1	3.481430	3.238905	3.437383
BTG1	5.457769	5.828565	7.112901



Rys. 3. Przykładowy obraz z mikromacierzy – jedna hodowla

W obu przypadkach, ze względu na dużą liczbę danych (np. ok. 22 tys.) dla każdego odczytu, zarówno w postaci tabeli z danymi, jak i obrazu, konieczne jest wykorzystanie mocy obliczeniowej komputerów do wykonania tego zadania. Przykładowo, dla danych w tab. 1 należy wyszukać różnice, ewentualnie powtarzalne wzorce w wielu próbkach i/lub zależności dla 66 tys. odczytów, czyli po dodatkowym uwzględnieniu kolumny z opisem daje to 88 tys. danych jednostkowych do przetworzenia. Na szczęście, wraz z rozwojem technologii badawczych w naukach przyrodniczych rosną także możliwości obliczeniowe komputerów, gdyż zgodnie z zasadą Moore'a moc obliczeniowa komputerów podwaja się co 18 miesięcy. Co prawda, coraz częściej słyszy się opinie, że technologia wykonywania procesorów spowoduje, że zasada Moore'a przestanie obowiązywać,

ale pojawiają się w tym kontekście takie sformułowania, jak komputery kwantowe czy też nanotechnologie – więc być może zasada Moore’a będzie jeszcze obowiązywać przez kilka lat. Oczywiście nie zwalnia to informatyków od opracowywania skutecznych, szybkich i wydajnych algorytmów do obliczeń: jeśli moc obliczeniowa komputera wzrośnie dwukrotnie, to wydajny algorytm umożliwi przetworzenie większej liczby danych w tym samym czasie. Złożony algorytm nie spowoduje jednak znaczącej poprawy wydajności. W zakresie badań genetycznych, związanych z doborem leków, szybkość działania algorytmu może być parametrem krytycznym (przy założeniu, że dobór leku jest faktycznie wykonywany na podstawie badania ekspresji genów). Jest prawie pewne, że nie bez znaczenia będzie fakt, czy lek zostanie dobrany powiedzmy po tygodniu, czy po kilku godzinach obliczeń.

Do analizy wyodrębnienia z mikromacierzy genów o różniącej się ekspresji wykorzystywane są różne metody. Zdecydowanie przydatne byłoby tu opracowanie powszechnie zaakceptowanej, jednolitej metodyki postępowania. Porównywanie wyników uzyskanych różnymi metodami obróbki danych, gdy zbiory uzyskane po klasyfikowaniu/grupowaniu genów przy użyciu nawet tych samych algorytmów grupowania, ale różnych miar i metryk, jest praktycznie niemożliwe. Na dzień dzisiejszy do analizy genów są stosowane metody statystyczne (co jest zasadne przy odpowiednio dużej liczbie badanych prób), metody oparte na redukcji wymiarów przestrzeni rozważań (np. PCA – ang. Principal Component Analysis – metoda składowych głównych), by uniknąć „przekleństwa wymiarowości”, metody klastrowania danych, metody sztucznej inteligencji – sieci neuronowe samoorganizujące się i inne metody znane w eksploracji danych. Przy relatywnie niewielkiej liczbie mikromacierzy do analizy mogą okazać się przydatne powszechnie dostępne aplikacje, które umożliwiają zdefiniowanie prostych kryteriów, według których można wykonywać filtrację danych, np. arkusze kalkulacyjne, takie jak komercyjny Excel z pakietu Microsoft Office, Calc

Tabela 2

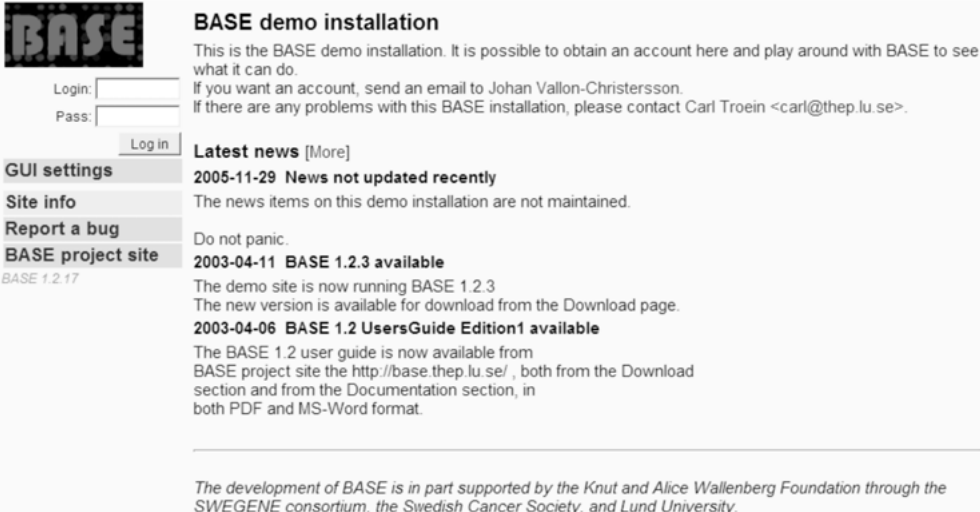
Przykładowe, wyfiltrowane z odczytów z mikromacierzy geny
o zmniejszonej ekspresji po podaniu związku A

				Ile-genów ->	4		
		max_różnicy=	1.5328	45.5	25	769	947
				max^	próg %	ile^	ile^
Symbol genu	Hodowla kontrolna + związek A	hodowla kontrolna + związek B	różnica	% kontr	25	poniżej	powyżej
PŁOD2	3.2776	4.6250	−1.3474	41.1	1	1	0
EREG	3.9348	5.7245	−1.7897	45.5	1	1	0
KLRC1	2.9384	3.9580	−1.0196	34.7	1	1	0
APPL	3.3964	4.6719	−1.2755	37.6	1	1	0

z Open Office czy – również darmowy – Gnumeric, który dodatkowo umożliwia przeprowadzenie prostych analiz statystycznych i tworzenie modyfikowalnych wykresów w większym zakresie niż w Excel. Przykładowe, przefiltrowane w arkuszu kalkulacyjnym dane pokazano w tabeli 2.

8. Technologie informatyczne a mikromacierze DNA

Obecnie rozwijany jest (na licencji GNU GPL) BASE (ang. BioArray Software Environment) (base) – projekt systemu bazodanowego – hurtowni danych umożliwiający gromadzenie danych pozyskanych z mikromacierzy, zarządzanie nimi oraz ich analizę. System ten wykorzystuje technologie internetowe, gdzie interfejsem użytkownika jest przeglądarka stron WWW, a wszystkie operacje wykonywane są na serwerze. W obecnie dostępnej stabilnej wersji systemu możliwe jest gromadzenie i analiza danych z mikromacierzy cDNA. Wersja BASE2 (rys. 4), dostępna na razie w fazie testowej, obsługuje również dane otrzymywane z mikromacierzy oligonukleotydowych – GeneChip Affymetrix. System BASE jest stale rozwijany i wyposażany w dodatkowe moduły zwiększające jego możliwości. Ze względu na licencję (GNU GPL) może być użyty w innych jednostkach naukowych jako platforma dla analizy ekspresji genów z wykorzystaniem mikromacierzy.



BASE demo installation

This is the BASE demo installation. It is possible to obtain an account here and play around with BASE to see what it can do.
If you want an account, send an email to Johan Vallon-Christersson.
If there are any problems with this BASE installation, please contact Carl Troein <carl@thep.lu.se>.

Login:
Pass:

GUI settings
Site info
Report a bug
BASE project site
BASE 1.2.17

Latest news [More]

2005-11-29 News not updated recently
The news items on this demo installation are not maintained.
Do not panic.

2003-04-11 BASE 1.2.3 available
The demo site is now running BASE 1.2.3
The new version is available for download from the Download page.

2003-04-06 BASE 1.2 UsersGuide Edition1 available
The BASE 1.2 user guide is now available from
BASE project site the <http://base.thep.lu.se/>, both from the Download
section and from the Documentation section, in
both PDF and MS-Word format.

*The development of BASE is in part supported by the Knut and Alice Wallenberg Foundation through the
SWEGENE consortium, the Swedish Cancer Society, and Lund University.*

Rys. 4. Serwer demonstracyjny BASE (base-demo)

Po zalogowaniu do systemu zmianie ulegają opcje menu (rys. 5), umożliwiając użytkownikowi przetestowanie możliwości oprogramowania na przykładowych, dostępnych w systemie danych.

The screenshot shows the BASE web interface. On the left is a sidebar with navigation links: Reporters, Array LIMS, Biomaterials, Hybridizations, Uploads, Analyze data, Raw data sets, Experiments, Jobs, Current experiment, Experiment Explorer, Plug-ins, Computation servers, Users, GUI settings, Site info, and Report a bug. The main area is titled 'Jobs ?' and contains a table of job entries. Above the table is a search bar with fields for Field, Op, Value, Buttons, and Translated value. Below the search bar is a 'Presets' section with a 'Save current as new preset' button. The table has columns: Pos, Name, Status, Owner, Experiment, Plugin, Server, Submitted, Finished, Est.time, and F. The table contains 14 rows of job data.

Pos	Name	Status	Owner	Experiment	Plugin	Server	Submitted	Finished	Est.time	F
-	Normalization: Lowess	Done	user	Experiment A	Normalization: Lowess	Local	2006-09-01 10:01	2006-09-01 10:02	7.00s	3
-	Analysis: Hierarchical clustering	Done	nicklas	Nicklas	Analysis: Hierarchical clustering	Local	2006-06-29 11:55	2006-06-29 11:55	12m 6.00s	1
-	Transformation: WeNNI	Done	jari	WeNNI test 3	Transformation: WeNNI	Local	2006-06-22 15:16	2006-06-22 15:16	7m 33.00s	1
-	Transformation: WeNNI	Done	jari	WeNNI test 3	Transformation: WeNNI	Local	2006-06-22 09:41	2006-06-22 09:41	8m 38.00s	1
-	Transformation: WeNNI	Done	jari	WeNNI test 3	Transformation: WeNNI	Local	2006-06-14 12:31	2006-06-14 12:37	12m 5.00s	1
-	Transformation: WeNNI	Done	johan	06	Transformation: WeNNI	Local	2006-06-02 18:36	2006-06-02 18:48	15m 12.00s	4
-	Normalization: Background correction	Error	johan	06	Normalization: Background correction	Local	2006-06-02 18:38	2006-06-02 18:38	1h 0m 0s	0
-	Visualization: Heat map	Error	johan	06	Visualization: Heat map	Local	2006-06-02 18:37	2006-06-02 18:38	1h 0m 0s	0
-	Normalization: Within arrays v2.0	Error	johan	06	Normalization: Within arrays v2.0	Local	2006-06-02 18:37	2006-06-02 18:37	1h 0m 0s	0
-	Transformation: WeNNI	Done	johan	06	Transformation: WeNNI	Local	2006-06-02 18:37	2006-06-02 20m		2

Rys. 5. System BASE po zalogowaniu (base-demo)

9. Podsumowanie

Współczesne nauki przyrodnicze dysponują ogromnym arsenałem urządzeń umożliwiającym prowadzenie eksperymentów i gromadzenie danych. Brak jest jednak opracowanej spójnej metodologii pozwalającej na analizę i obróbkę tak dużych zbiorów informacji, umożliwiającą dokonywanie obiektywnych i „bezpiecznych” porównań wyników. Być może zadanie to zostanie wykonane przez bioinformatyków w ramach rozwoju bioinformatyki (której zadaniem może być m.in. pomoc w analizie i obróbce danych z mikromacierzy), a która jest rozwijającą się obecnie dyscypliną nauk obliczeniowych – określonych w (mnisw) jako „pomost pomiędzy dyscyplinami teoretycznymi i eksperymentalnymi”. Nauki obliczeniowe z kolei są wymienione jako te, które poprzez „Symulacje i inne obliczenia komputerowe pozwalają unikać zazwyczaj bardziej kosztownych i czasochłonnych eksperymentów rzeczywistych”. Opracowanie takich metod pozwoliłoby na szybkie, dokładne i prawie pozbawione błędów dobieranie leków w przypadku różnych chorób. Uzyskiwane wyniki mogłyby być wykorzystywane w medycynie i biologii molekularnej.

Wykorzystywanymi technologiami informatycznymi będą hurtownie danych, klastry lub farmy serwerów wyposażone w starannie opracowane i wyselekcjonowane pod odpowiednim kątem algorytmy i rozwiązania. Niewątpliwie opracowanie efektywnego systemu przetwarzania tak dużej liczby danych w celach diagnostycznych i terapeutycznych w medycynie jest w tej chwili jednym z ważniejszych wyzwań. Może to stanowić przedmiot rozważań i prac zarówno algorytmików, kryptografów i kryptologów, specjalistów zajmujących się metodami inteligencji obliczeniowej, ekspertów od baz i hurtowni danych, osób zajmujących się analizą obrazów, administratorów systemów informatycznych i osób zajmujących się sieciami komputerowymi i optymalizacją przepływów informacji w sieciach.

Dodatkową trudnością jest fakt, że aby opracować efektywne systemy, niezbędna jest współpraca specjalistów różnych dziedzin pracujących zespołowo. Informatyk nie będzie w stanie stworzyć adekwatnego modelu bez pomocy przyrodnika (biologa, biochemika, farmaceuty), a po stworzeniu modelu zinterpretować i zweryfikować otrzymanych wyników, natomiast przyrodnik nie będzie w stanie uzyskać zadowalających wyników ze względu na liczbę danych, które należy przetworzyć do ich uzyskania. Złożoność problemów oraz liczba danych, które należy przetwarzać, będą wymagać zapewne dostosowania już istniejących lub wręcz opracowania i wdrożenia nowych, efektywnych algorytmów i rozwiązań umożliwiających przetwarzanie i wykorzystywanie takiej liczby danych.

Literatura

- Friend S., Stoughton R., 2002: *Magiczne mikromacierze*. „Świat Nauki”, 4.
- Kerkel R., Grazette L., Yacobi R., Iliescu C., Patten R., Beahm C., Walters B., Shevtsov S., Pesant S., Clubb F.J., Rosenzweig A., Salomon R.N., Van Etten R.A., Alroy J., Durand J.B., Force T., 2006: *Gleevec cardiotoxicity of the cancer therapeutic agent imatinib mesylate*. „Nature Medicine”, 12: 908–916.
- Kisiel A., Skąpska A., Markiewicz W.T., Figlerowicz M., 2004: *Mikromacierze DNA*. „Kosmos” 53/3–4: 295–303. kosmos.icm.edu.pl/PDF/2004/295.pdf.
- Knudsen S., 2002: *A Biologist's guide to analysis of DNA microarray data*. New York: Wiley & Sons.
- Koolman J., Rohm K.H., 2005: *Biochemia. Ilustrowany przewodnik*. Węglarz L., Wilczok T. (red., tłum.). Warszawa: PZWL.
- Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. *Priorytetowe kierunki badawcze*. http://www.nauka.gov.pl/mein/index.jsp?news_cat_id=79&news_id=363&layout=2&page=text&place=Lead01.
- Passarge E., 2004: *Genetyka. Ilustrowany przewodnik*. Mazurczak T. (red., tłum.). Warszawa: PZWL.

Yauk C.L., Berndt M.L., Williams A., Douglas G.: *Comprehensive comparison of six microarray technologies*. „Nucleic Acid Research” 32(15): 124. <http://www.pubmed-central.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=516080>.

base.thep.lu.se/.

en.wikipedia.org/wiki/DNA_microarray.

<http://base1.thep.lu.se/demo>.

<http://www.mged.org/Workgroups/MIAME/miame.html>.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Genbank/index.html>.

www.affymetrix.com.

www.bio.davidson.edu/Courses/genomics/chip/chip.html.

www.ddbj.nig.ac.jp/.

www.embl-heidelberg.de/.

www.wiwi.pl/biologia/Genetyka/JezykGenow/Esej.asp?base=r&cp=1&ce=23.

R o z d z i a ł 7

KALIBRACJA W MONITORACH RADIOLOGICZNYCH

Jan Siwek

Streszczenie: W rozdziale przedstawiono potrzebę kalibracji monitorów medycznych, aspekty zmiany parametrów wyświetlania obrazu na monitorach LCD oraz metodologię procesu kalibracji. Ponieważ oko ludzkie widzi skalę szarości lepiej w strefie ciemnej części widma niż jasnej (krzywa Bartona), konieczne jest przeprowadzanie linearyzacji skali szarości GSDF (Grayscale Scale Display Function) zgodnie z DICOM 3.0 part 14 (DICOM – Digital Imaging and Communications in Medicine). Omówione zostały także zasady budowy monitorów radiologicznych. Przedstawiono typy testów kalibracyjnych oraz metodologię prowadzenia audytu po wykonaniu testu.

Słowa kluczowe: proces kalibracji, monitory radiologiczne, linearyzacja skali szarości, DICOM

Abstract: This chapter presents the need for medical monitor calibration, various aspects of changing display parameters in LCD monitors and the methodology for the calibration process. Since a human eye sees a grayscale better in the dark part of the spectrum than in the light one (the Barton curve), it is required to conduct the GSDF (Grayscale Scale Display Function) grayscale linearization according to DICOM 3.0 part 14 (DICOM – Digital Imaging and Communications in Medicine). Additionally, the fundamentals of radiological monitor construction are presented and the available kinds of calibration tests as well as the methodology for conducting an audit after the test are discussed.

Keywords: calibration process, radiological monitors, grayscale scale display function, DICOM

1. Wprowadzenie

Monitory radiologiczne są jednym z podstawowych narzędzi pracy dla lekarza radiologa. Na podstawie obserwowanego na monitorach obrazu radiologicznego specjalista radiolog dokonuje diagnozy pacjenta, niejednokrotnie decydując o jego życiu. Dlatego prawidłowa wizualizacja zdjęć radiologicznych na monitorach medycznych (w literaturze nazywanych także monitorami *primary display class*), przetwarzanych przez aparaturę medyczną, powinna być jak najbardziej zgodna z obrazem z urządzenia badawczego. Utrzymanie wyświetlanych na monitorze diagnostycznym obrazów radiologicznych, jak najwierniej zbliżonych do rzeczywistości, jest oczywistą koniecznością.

Proces utrzymywania urządzeń badawczych oraz monitorów radiologicznych na takim poziomie parametrów, aby spełniały one ustalone przez specjalne komitety medyczne normy (organizacje ACR – American College of Radiology, National Electrical Manufacturers Association – NEMA) nazywa się potocznie kalibracją. W ścisłym znaczeniu tego słowa jest to użycie zestawu specjalizowanego oprogramowania oraz dedykowanych fotometrów w celu sprawdzenia/korekcji parametrów monitora w stosunku do odpowiednich norm (najpopularniejsze normy dla medycyny AAPM TG-18, DIN V 6868-57, IEC 61223-2-5, EUREF, FDA).

W radiologii cyfrowej używane są dwa z podstawowych rodzajów stanowisk:

- stanowiska opisowe (diagnostyczne), zgodnie z zaleceniami norm złożone ze stacji 2-monitorowej, skalibrowanych monitorów medycznych i zazwyczaj 3. monitora do wprowadzania opisów badań,
- stanowiska przeglądowe dla lekarzy klinicystów służące do podglądu zdjęć RTG.

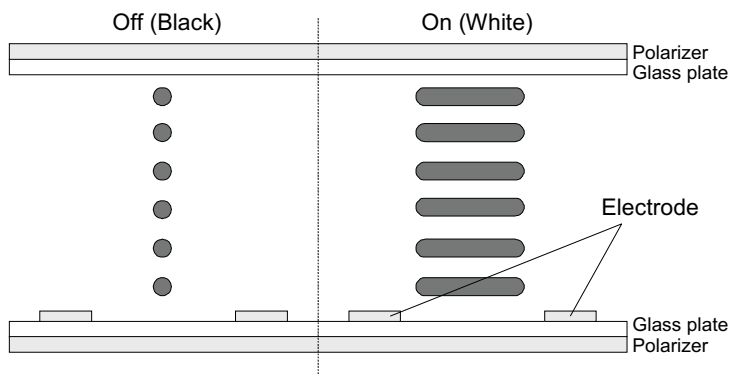
Na stanowiskach opisowych są stosowane monitory klasy A (nazwa używana w dokumentach normatywnych), które będą w dalszej części nazywane monitorami medycznymi, a na stanowiskach przeglądowych są stosowane monitory klasy B – przeglądowe algo-referencyjne (omówione pokrótce na końcu rozdziału).

W tym rozdziale postaramy się wyjaśnić zarówno problemy procesu kalibracji radiologicznych monitorów medycznych LCD, jak i przyczyny zmian parametrów monitorów. Aby zrozumieć, dlaczego musimy kalibrować monitory, niezbędne jest wyjaśnienie, jakie i dlaczego parametry monitorów medycznych mogą ulec zmianie. W następnym podrozdziale omówiona będzie konstrukcja monitorów oraz ich życiowo ważne parametry.

2. Konstrukcja monitorów medycznych

Radiologiczne monitory medyczne muszą spełniać ostre wymagania norm, aby diagnoza oparta na obserwowanym obrazie radiologicznym była możliwie pewna, powtarzalna oraz dokładna. Aby sprostać tym warunkom, do ich budowy wykorzystuje się panele LCD o konstrukcji nazywanej Super-IPS lub Dual Domain-IPS. Radiologiczne monitory medyczne mają odzwierciedlać obraz w skalach szarości, dlatego zamiast standardowych sub-pikseli RGB (kolorowych kropek: czerwonej, zielonej i niebieskiej) są umieszczane sub-piksele czarno-białe. W konsekwencji panel LCD z nałożoną maską czarno-białą może odtwarzać tylko skalę szarości od czarnego (wyłączone świecenie wszystkich sub-pikseli) poprzez przejścia tonalne szarości do bieli (wszystkie sub-piksele świecą). Matryce używane w tych monitorach są najwyższej tzw. klasy pierwszej, co oznacza zero elementów uszkodzonych w matrycy. Dla monitora 2 MegaPixel (1200×1600 pixeli) liczba bezbłędnych punktów wynosi $1200 \times 1600 \times 3$ sub-pixeles = 5 760 000 punktów w matrycy LCD. Stąd koszty jej wytworzenia są bardzo wysokie, a liczba odrzutów podczas procesu produkcji stanowi znaczący procent. Dlatego też cena takich matryc dla monitorów medycznych przewyższa matryce dla zwykłych monitorów LCD. Stosowane w medycynie matryce to 1 MegaPixel (MP), 2 MP, 3 MP oraz 5 MP, a nawet 10MP.

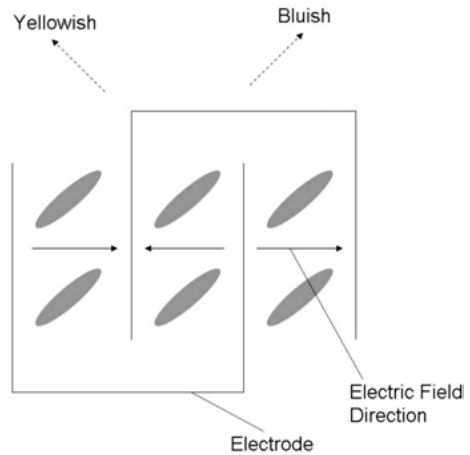
Technologia IPS (In-Plane Switching) została opracowana przez firmę Hitachi. Gwarantuje ona dobrą jasność panelu, doskonałą czerń oraz niezmienność barw w bardzo szerokich kątach widzenia.



Rys. 1. Budowa ekranu LCD

Jeśli na punkt matrycy nie podamy żadnego napięcia, kryształy pozostaną nieskręcone. Filtry są spolaryzowane pod kątem 90° względem siebie, wobec czego światło nie jest w stanie przez nie przejść (rys. 1). Skutkiem tego jest głęboka, doskonała czerń. Efektem uszkodzonego tranzystora będzie zamiast rozpraszającej bieli jedynie subtelny, czarny punkt na ekranie.

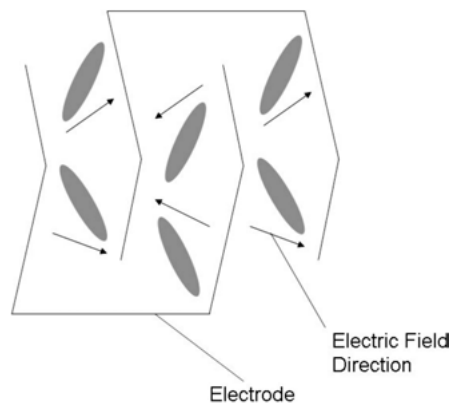
Po podaniu napięcia na dany punkt za pomocą dwóch elektrod kryształły przekraczają się o 90° , ustawiając się zgodnie z filtrem polaryzacyjnym i pozwalając światłu na przejście przezeń.



Rys. 2. Ułożenie molekuł w panelu IPS

Wszystkie molekuly w panelach IPS są ułożone w jednym kierunku, co powoduje „przekłamanie” barw. Ekran oglądany z jednej strony daje lepszą przepuszczalność podświetlanego od spodu przez lampę jarzeniową koloru sub-piksela, a oglądany ze strony przeciwnej, ze względu na inne skrócenie molekuł, pokaże światło odbite od ich płaszczyzny, co w efekcie daje inną barwę obserwowanego koloru na ekranie (rys. 2). Aby zlikwidować tę wadę, wprowadzono zmodernizowaną konstrukcję paneli o nazwie Super IPS.

W panelach Super IPS poprzez zmianę ułożenia elektrod molekuly w poszczególnych celach mają inne ułożenie, przez co kompensowana jest zmiana koloru i kontrastu przy patrzeniu na ekran pod różnymi, również skrajnymi kątami (rys. 3).



Rys. 3. Odzwierciedlenie koloru w panelach Super IPS

Rozwiązanie to wprowadziła firma Hitachi pod nazwą Super-IPS oraz firma IBM (IDTech) pod nazwą Dual Domain IPS.

Ze względu na możliwie najwierniejsze odwzorowanie skali szarości czy kolorów oglądane pod dowolnym kątem przez lekarzy diagnostów monitory radiologiczne wykorzystują matryce Dual Domain IPS.

Ażeby uzyskać maksymalnie zbliżone do krzywej GSDF według DICOM właściwości wyświetlania skali szarości na panelu, należy uzyskać jak największą możliwość odzwierciedlenia przejść tonalnych widzianych przez lekarza specjalistę. Chodzi w konsekwencji o ukazanie jak najbardziej szczegółowych zmian chorobowych na zdjęciu pacjenta, które nie będą zniekształcone nielinowością odzwierciedlenia krzywej DICOM.

Standardowo produkowane panele LCD wyświetlają 8-bitowo poszczególne 3 sub-piksele. Daje to w efekcie możliwość zobrazowania do 256 skali szarości. Jest to wartość obserwowana przez przeciętnego człowieka. Ale radiolodzy są w stanie wyróżnić średnio 500–600 przejść tonalnych na obrazie, czyli dla nich minimalna gradacja skali szarości wyświetlanego obrazu powinna wynosić co najmniej 10 bitów (1024 odcienie szarości). Zdolność do ich rozróżniania opisuje funkcja nazywana JND (Just Noticeable Differences – ledwie zauważalne zmiany). Jej zależność od luminancji opisuje następująca funkcja:

$$j(L) = A + B \cdot \log_{10}(L) + C \cdot (\log_{10}(L))^2 + D \cdot (\log_{10}(L))^3 + E \cdot (\log_{10}(L))^4 + F \cdot (\log_{10}(L))^5 + G \cdot (\log_{10}(L))^6 + H \cdot (\log_{10}(L))^7 + I \cdot (\log_{10}(L))^8$$

gdzie:

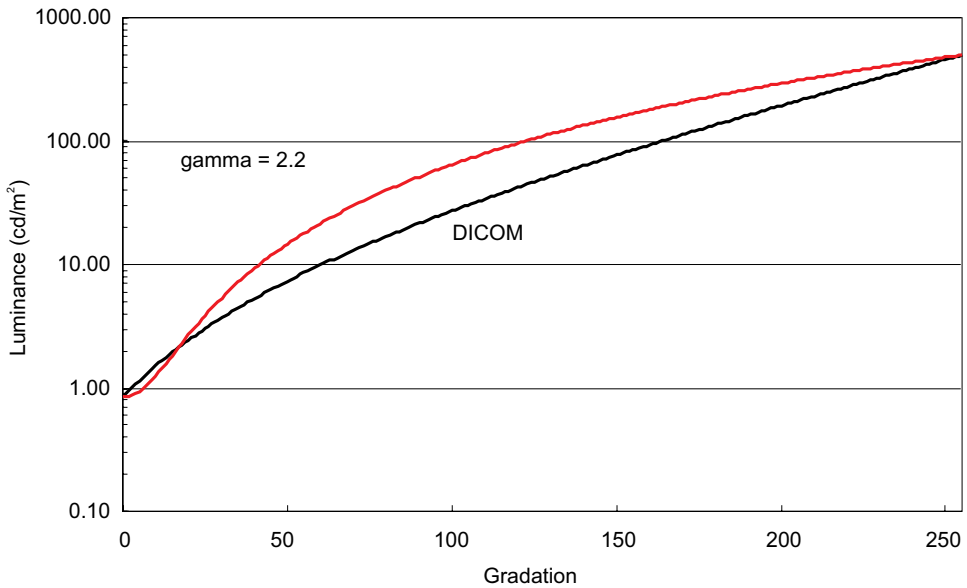
$$A = 71.498068, B = 94.593053, C = 41.912053, D = 9.8247004$$

$$E = 0.28175407, F = -1.1878455, G = -0.18014349, H = 0.14710899$$

$$I = -0.017046845$$

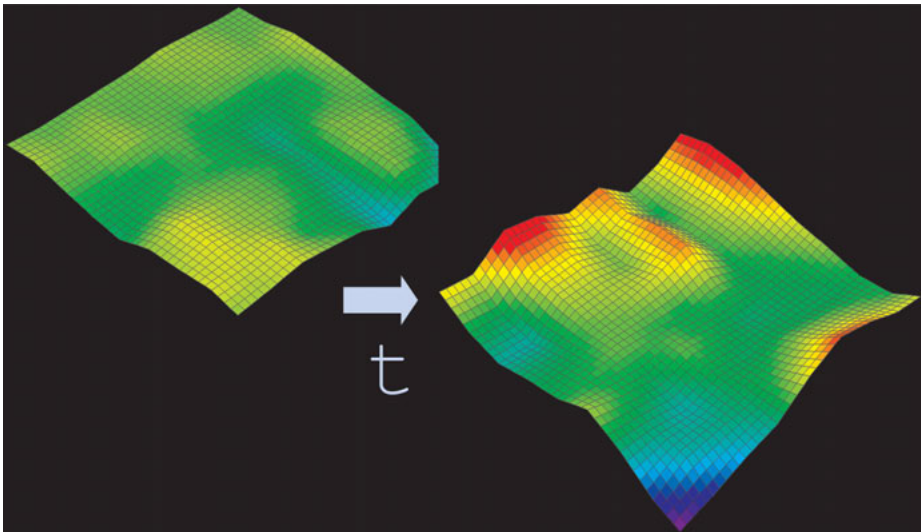
Porównanie krzywej DICOM ze standardową korekcją Gamma = 2,2 przedstawia rys. 4. Wyraźnie widać, że dla krzywej DICOM przejścia tonalne w części szarej są bardziej rozciągnięte niż dla części jasnej. Pomiar wyrysowanej krzywej nastąpił dla wartości od 0,85 cd/m² do 500 cd/m².

Ponieważ matryca LCD jest oparta na elementach półprzewodnikowych, jakość odwzorowania kolorów/skali szarości jest ściśle zależna od temperatury najbliższego otoczenia aktywnych elementów matrycy (pracująca elektronika płyty głównej monitora, zasilacz itp.). Oko ludzkie nie zawsze jest w stanie wychwycić te zmiany (akomodacja oka w stosunku do powolnych zmian na obrazie), jednak przyrządy badawcze – fotometry dokładnie określają zmiany obrazu w czasie. Rysunek 5 ukazuje zmiany jasności panelu LCD z upływem czasu. Jest to jeden z najbardziej istotnych elementów wpływających na jakość pokazywanych obrazów w medycynie. Zarówno zmiany krótkoterminowe (kilkuminutowe), jak i długoterminowe (kilkumiesięczne) wprowadzają duże zmiany

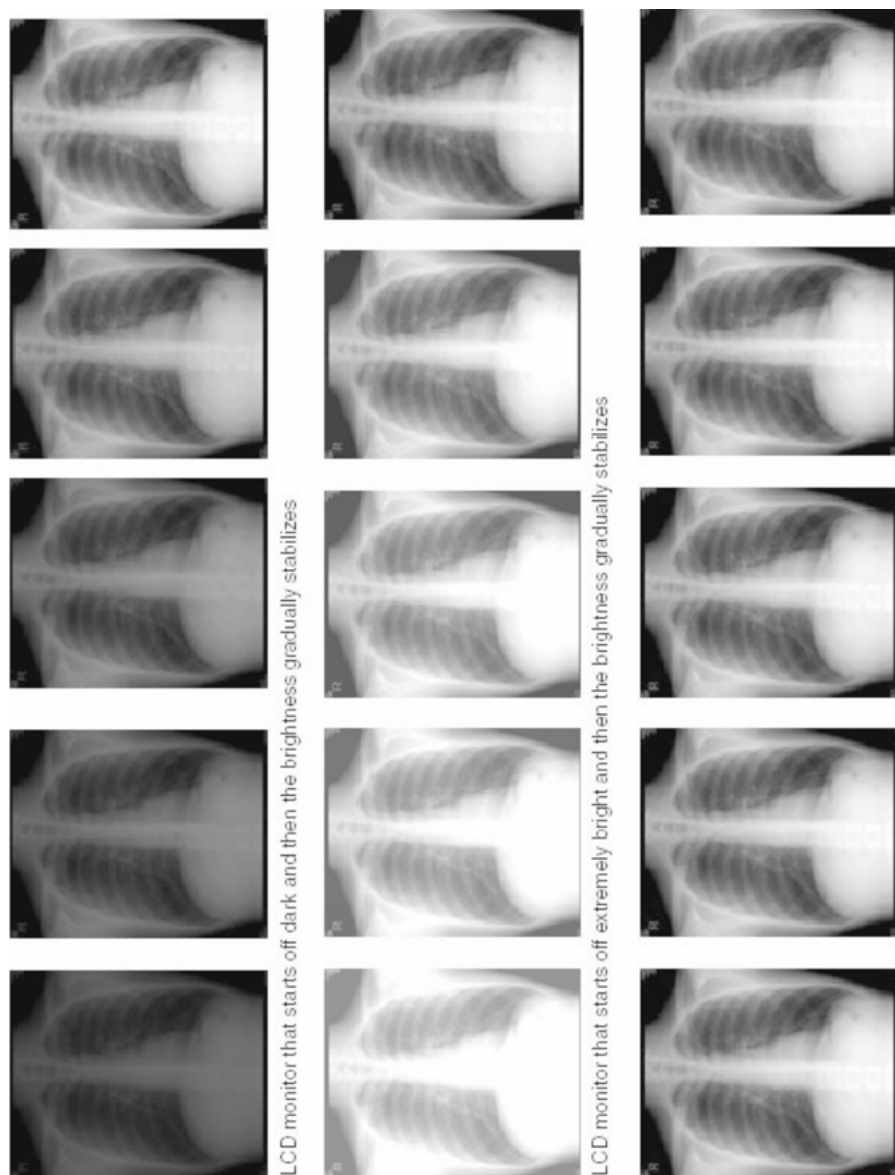


Rys. 4. Wykres krzywej Gamma w porównaniu do krzywej DICOM

w wartościach parametrów wyświetlanego obrazu. Dlatego procesy kalibracyjne mają za zadanie wprowadzić taką korektę wyświetlania, aby dryfty czasowe zostały skompensowane, a obraz przez cały czas użytkowania spełniał parametry standardu.



Rys. 5. Zmiana parametrów panelu LCD w czasie



Rys. 6. Jasność obrazu na monitorze medycznym z pierwszych 20 minut od włączenia

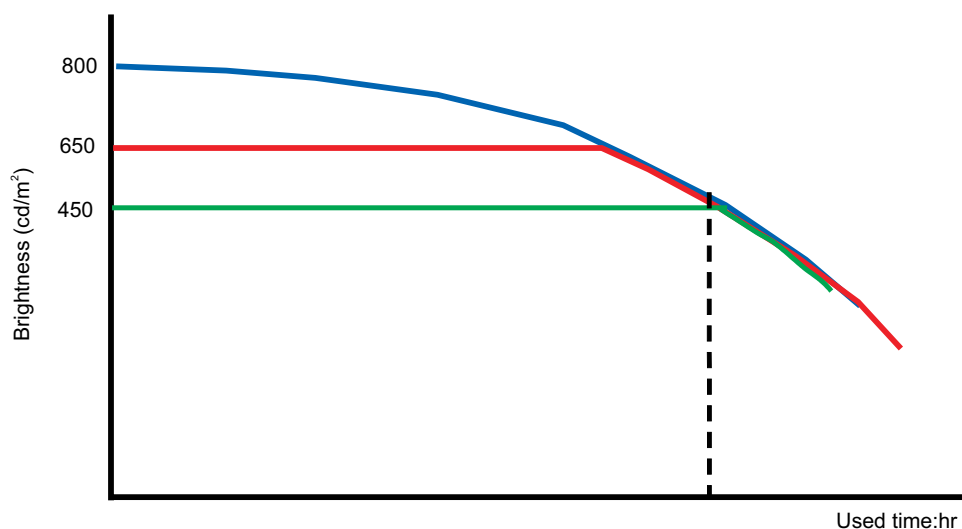
Rysunek 6 przedstawia zmiany wyświetlanego obrazu na monitorze medycznym w pierwszych 20 minutach po włączeniu urządzenia. Jak widać, przeprowadzana zaraz po włączeniu monitora diagnoza może być zupełnie inna niż zaraz potem dokonana konsultacja na tym samym monitorze i zdjęciu, ale po kilkunastu minutach pracy monitora. Niektóre monitory mają krótszy czas dochodzenia do stabilnego obrazu, co skutkuje szybszą gotowością do rozpoczęcia pracy diagnostycznej. Oczywiście każdy monitor powinien być kalibrowany, aby utrzymywać jego parametry w zgodzie ze standardem. Większość standardów zaleca kalibrację monitorów LCD co 6 miesięcy albo po zmianie miejsca użytkowania (zmiana środowiska podczas kalibracji). Dlatego proces sprawdzenia odpowiedniego wyświetlania obrazów dla pracy monitora po jego włączeniu czy dłuższym okresie użytkowania, nazywany kalibracją, jest tak ważny dla prawidłowej pracy monitora, a co za tym idzie – możliwości dokonywania prawidłowej diagnozy pacjenta. Niewielu producentów wbudowuje układy do kontroli dryftu temperatury czy wilgotności, aby zapewnić możliwie szybko odpowiednią korektę wewnętrzną zmiany czynników zewnętrznych, które mogą zmienić wyświetlany obraz.

Obecnie niektórzy producenci, np. Eizo, w monitorach medycznych serii RadiForce stosują specjalne opatentowane rozwiązania, które stabilizują wyświetlany obraz już po 90 sekundach od momentu jego włączenia. Niewątpliwie na izbie przyjęć czy sali operacyjnej ten parametr będzie krytyczny.

Porównując czas pracy dla systemu zobrazowania z czasem dochodzenia monitora po włączeniu do gotowości wykonania diagnozy, przy średnio 18-godzinnej pracy radiologów, 20 włączeniach dziennie (także wyjściach ze stanu uśpienia monitora), otrzymamy po 3 latach wykorzystywania urządzenia sumaryczny czas dochodzenia do stabilizacji dla zwykłego monitora – 400 dni zużyte na wygrzewanie, a dla szybko gotowych, jak modele RadiForce, sumarycznie 30 dni stracone na dochodzenie do parametrów pracy. Daje to procentowo 37% czasu pracy stracone na wygrzewanie dla standardowego monitora medycznego oraz 2,78% dla serii Radiforce. Dlatego z punktu widzenia czasu, jak i oszczędności tak ważna jest gotowość pracy monitora zaraz po włączeniu.

Drugim ważnym elementem dla pracy monitora jest stabilność długoterminowa obrazu. Dla niektórych rodzajów zdjęć, np. mammografii, dokonuje się porównania wyników badania co rok. Zatem muszą być zapewnione takie same warunki do diagnozy po roku użytkowania monitora radiologicznego, jak podczas opisu pierwszej diagnozy. Służy temu długoterminowa stabilizacja jakości. Rysunek 7 przedstawia funkcjonowanie stabilizacji długoterminowej dla panelu LCD przy stabilizowaniu minimalnego poziomu jasności wymaganej przez standardy. W konsekwencji żywotność monitora jest dłuższa.

W panelu elementem zużywającym się jest podświetlająca go lampa jarzeniowa. Zazwyczaj w celu uzyskania dużej jednorodności oraz jasności ekranu medycznego producenci stosują kilka takich lamp wbudowanych z tyłu ekranu.



Rys. 7. Zależność jasności monitora LCD od czasu jego pracy

Proces dobierania świetlówek jest wykonywany na etapie produkcji panelu i nie można potem zmienić którejkolwiek z lamp – bez pogorszenia parametrów jednorodności oświetlenia panelu LCD. Jak widać, im jaśniej świecący monitor, tym krótsza żywotność świetlówek, a co za tym idzie – monitora. Zazwyczaj maksymalną ustalaną w czasie kalibracji jasnością dla monitorów medycznych jest $400\text{--}500\text{ cd/m}^2$, gdyż zakres pracy obrazów dla zdjęć radiologicznych zawiera się od $0,5$ do ok. 80 cd/m^2 – ciemne obszary zdjęć radiologicznych. Nawet dla paneli o jasności $800\text{--}900\text{ cd/m}^2$ wartości normalnego zakresu pracy monitora są ustalone w odpowiednich normach i nie przekraczają 500 cd/m^2 . Zatem jasność maksymalna podawana w katalogu rzadko jest wykorzystywana w praktyce i ma bardziej znaczenie marketingowe.

Zapewnienie długiej żywotności monitorów diagnostycznych to kompromis pomiędzy jasnością panelu a czasem jego pracy. Opisane powyżej rozwiązania pracy i utrzymywania jasności panelu na wartości minimum normy powodują wydłużenie efektywnego czasu pracy monitora radiologicznego, nawet o kilkadziesiąt procent. Szybkie dochodzenie do parametrów użytkowych monitora oraz rozsądnie ustawiona jasność przyczyniają się do kilkukrotnego wydłużenia czasu eksploatacji monitorów medycznych.

Toczą się na świecie prace nad panelami podświetlanymi diodami LED, gdzie problem degradacji jasności oświetlenia może stać się drugoplanowy z punktu widzenia zmian parametrów jasności monitora w czasie.

Podczas procesu kalibracji ustala się graniczną wartość jasności minimalnej i maksymalnej, którą musi spełniać kalibrowane urządzenie. Kalibracje m.in. kontrolują różnice między wartością ustawioną a aktualnie dostępną. Niektóre oprogramowania kalibracyjne estymują progres zmian i informują z wyprzedze-

niem administratora o konieczności wymiany monitora na kilka miesięcy naprzód. W najnowszych monitorach wbudowywana jest funkcja LEA (Lifetime Expectancy Analyzer), która podaje pozostały czas do osiągnięcia wartości krytycznej już w menu monitora. Wartości dopuszczalnych akceptowalnych parametrów dla monitorów medycznych określają poszczególne normy dla każdego rodzaju zastosowań medycznych.

Konkluzją z ustawienia zbyt wysokiej jasności jest skrócenie żywotności panelu LCD monitora. Zatem można ręcznie na chwilę zmienić jasność monitora, ale trzeba pamiętać o powrocie do ustawień z kalibracji.

Aby zapewnić maksymalną jednorodność obrazu wyświetlanego na monitorze medycznym, stosuje się rozwiązania typu DUE (Digital Uniformity Equalizer), PPE (Per Pixel Uniformity) czy ULT (Uniform Luminance Technology). W fabryce dokonuje się dokładnej analizy nierównomierności oświetlenia ekranu i zapisuje wyniki w elektronicznych układach monitora LCD. Użytkownik może odpowiednim klawiszem w monitorze zmienić ustawienie jasności tak, aby jasność całego ekranu była najbardziej zbliżona do najślabiej świecącego jego fragmentu. Proces jest wykonywany automatycznie na podstawie zapisanych uprzednio w fabryce danych jasności kilkuset punktów panelu. Oczywiście, zawsze będzie istniała pewna tolerancja jasności obszarów odległych od siebie, ale ich różnica będzie bardzo mała. W procesie ręcznej kalibracji bada się fotometrem pod kątem jednorodności jasności ekranu tylko 4 narożniki oraz środek monitora, dla funkcji DUE tych punktów odniesienia może być nawet kilkanaście tysięcy. Ponieważ przełączenie do funkcji DUE to jeden ruch klawisza, najnowsze monitory medyczne są wyposażane w tę funkcjonalność. Ale i tak poziom jasności na zgodność z normą będzie musiał być okresowo sprawdzany ręcznie przy użyciu fotometru.

W celu codziennej kontroli parametrów ekranu LCD wiele monitorów medycznych ma wbudowane kalibratory (fotometry), które mogą kontrolować nie-



Rys. 8. Fotometry na ekranie monitorów w trakcie procesu kalibracji

które z parametrów monitora. Jednak dokładna kalibracja powinna być przeprowadzona przy użyciu rekomendowanych fotometrów w rekomendowanym okresie. Na rysunku 8 przedstawiono monitor z kalibratorem oraz kalibrator wysuwany z obudowy monitora tzw. Clip-On Swing Sensor.

Jak zatem widać, zmiany jakości obrazu monitora radiologicznego mogą występować pod wpływem wielu czynników, dlatego kalibracja monitora przeprowadzana w określonym w normach czasie ma doprowadzić do ponownego ustawienia i sprawdzenia parametrów zobrazowania, aby wyświetlane obrazy były jak najbardziej jednoznacznie diagnozowane.

Niezwykle ważną cechą monitorów radiologicznych jest zdolność wyświetlania możliwie jak największej skali szarości. Taka cecha pozwala jak najdokładniej zbliżyć się do wzorcowej krzywej DICOM 3.0 part 14. Funkcję luminancji tej krzywej określa niżej przytoczony wzór.

$$\log_{10} L(j) = \frac{a + c \cdot \text{Ln}(j) + e \cdot (\text{Ln}(j))^2 + g \cdot (\text{Ln}(j))^3 + m \cdot (\text{Ln}(j))^4}{1 + b \cdot \text{Ln}(j) + d \cdot (\text{Ln}(j))^2 + f \cdot (\text{Ln}(j))^3 + h \cdot (\text{Ln}(j))^4 + k \cdot (\text{Ln}(j))^5}$$

gdzie:

$$j = 1 \sim 1023$$

$$a = -1.3011877, b = -2.5840191\text{E-}2, c = 8.0242636\text{E-}2, d = -1.0320229\text{E-}1$$

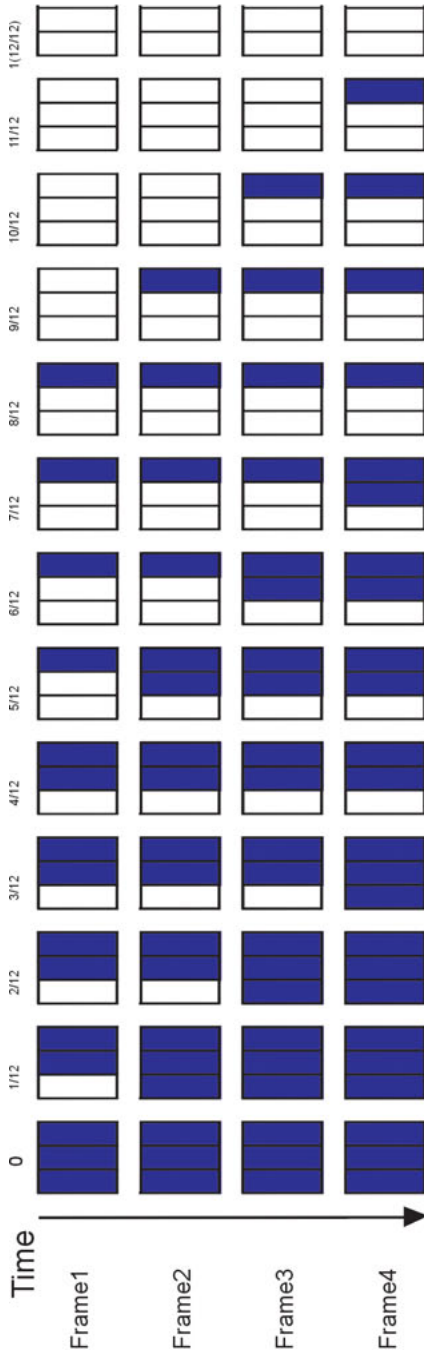
$$e = 1.3646699\text{E-}1, f = 2.8745620\text{E-}2, g = -2.5468404\text{E-}2, h = -3.1978977\text{E-}3$$

$$k = 1.2992634\text{E-}4, m = 1.3635334\text{E-}3$$

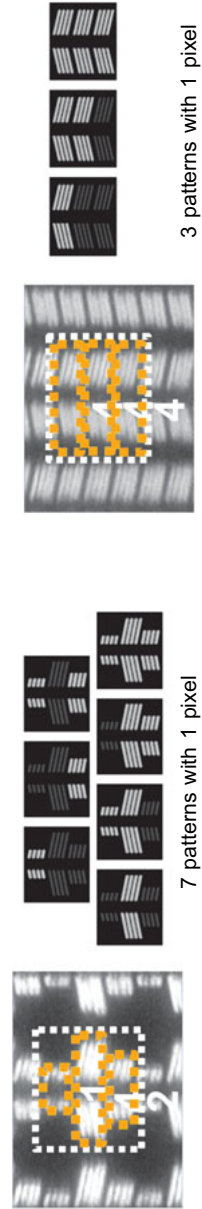
Dla prawidłowej diagnozy, jak wspominaliśmy, duże znaczenie ma dokładność wyświetlanych szczegółów zdjęcia radiologicznego. Bardzo ciekawym rozwiązaniem jest zwiększenie obserwowalnej przez oko ludzkie skali szarości panelu. Firma Eizo w celu powiększenia obserwowanych odcieni szarości używa do wykorzystywanych w produkcji paneli technikę Frame Rate Control (FRC). Podczas procesu składania monitora nakładana jest przez producenta monitora specjalna opatentowana maska na sub-piksele montowanego panelu. W efekcie używania specjalnych masek nakładanych na panel następuje znaczący wzrost obserwowalnych gradacji szarości oglądanego obrazu na monitorze radiologicznym.

Technika FRC polega na wyświetlaniu synchronicznym kilku przyległych pikseli jako jednego punktu obserwowanego przez oko ludzkie. Daje to możliwość zwiększenia widzialnej skali szarości przez oko ludzkie nawet kilka razy. Rysunek 9 przedstawia 12-krotne zwiększenie skali szarości przy wykorzystaniu 4 pikseli (po 3 sub-piksele każdy).

Technologia FRC wyświetlania pikseli na panelu umożliwia zwiększenie liczby obserwowalnych skali szarości nawet do 3 061 barw dla panelu o standardowo wyświetlanych 8 bitach na sub-piksel ($3,061 = 255 + 255 + 255 \times 4$ (Frame Rate Control) + 1 (Black)).



Rys. 9. Technika FRC – wyświetlanie kilku sub-pikseli jako jednego obserwowalnego na ekranie punktu



Rys. 10. Technologia modulacji przysłony sub-pikseli

Następna zastosowana technika, używana w celu zwiększenia obserwowalnej skali szarości obrazu, to modulacja rozdzielczości poprzez zróżnicowaną przysłonę sub-pikseli (Aperture Modulation). W trakcie produkcji ekranu nakładana jest maska o zróżnicowanych otworach w 3 sub-pikselach.

Rysunek 10 przedstawia standardową przysłonę 3 sub-pikseli w układzie 4:4:4 oraz technikę zróżnicowania masek nakładanych na sub-piksele w układzie 2:4:1. W jej wyniku otrzymujemy zamiast 3 nawet 7 rozróżnialnych poziomów szarości piksela. Zastosowanie techniki FRC i modulacji przysłony dało odbierane przez użytkownika zwiększenie rozdzielczości skali szarości zgodnie z krzywą DICOM do 4 096 wyświetlanych poziomów z palety 8 161 dostępnych skali szarości.

3. Techniki kalibracji monitorów medycznych

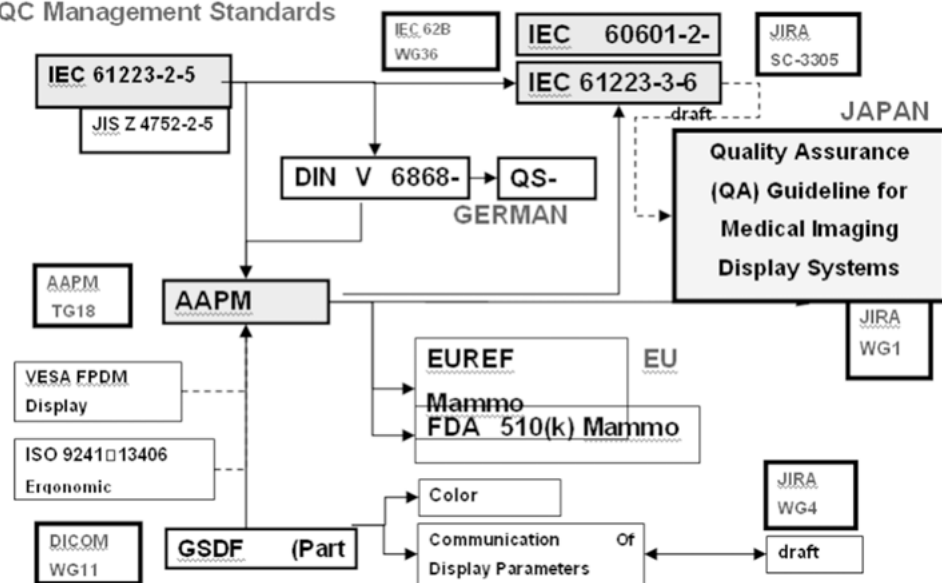
Ponieważ kalibracji poddawane są urządzenia różnych producentów o zbliżonych parametrach, zatem proces ten powinien być na tyle obiektywny, aby zakwalifikować badany monitor jako spełniający minimalne dopuszczalne wartości parametrów standardu (jasność, kontrast, równomierność jasności na całym ekranie, zgodność z krzywą DICOM). Dodatkowej ocenie poddawane są wizualizacje specjalnie opracowanych patternów (zestawów ekranów wzorcowych) obserwowalnych przez osobę testującą.

Kalibracja monitora dla każdej z dziedzin radiologii powinna być przeprowadzana zgodnie z opracowanymi dla tej dziedziny normami. Rysunek 11 przedstawia zestaw aktualnie opracowywanych norm medycznych odnoszących się do kalibracji.

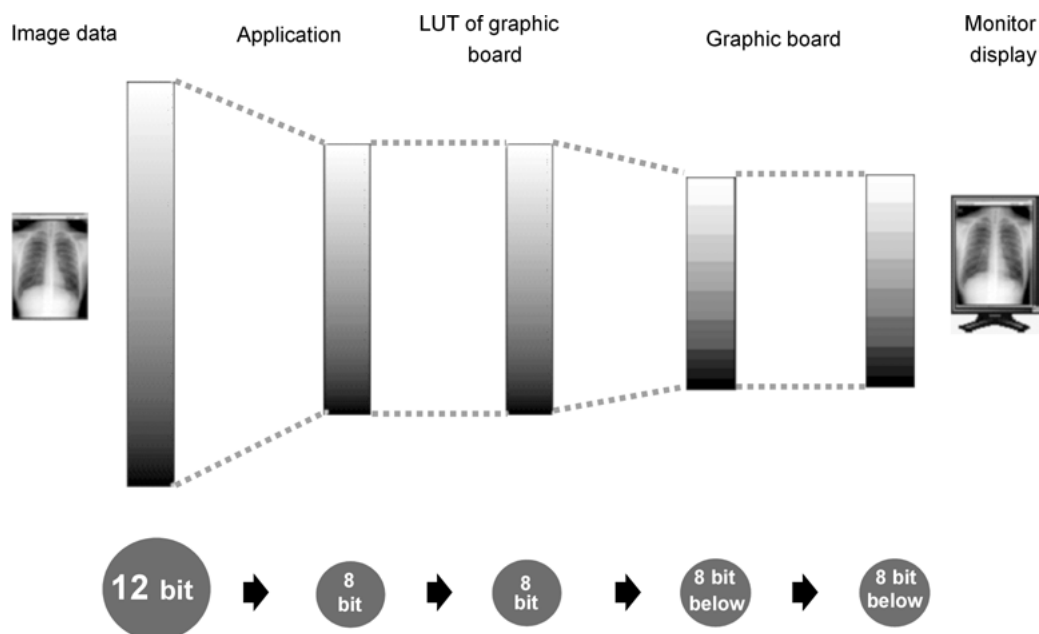
Ponieważ w momencie pisania tego tekstu nadal trwa na świecie proces uzgadniania szczegółów dotyczących poszczególnych norm, zainteresowanych aktualnymi dopuszczalnymi wartościami zapraszamy na odpowiednie strony Web komitetów. W Polsce jedynym aktualnie dostępnym dokumentem na ten temat jest rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 25 sierpnia 2005 roku, opublikowane w Dzienniku Ustaw z dnia 5 października 2005 roku.

Kalibracja może być przeprowadzana na dwa sposoby. W pierwszym przypadku kalibrowany jest zestaw karta wideo i monitor do niej podłączony. Taki proces wprowadza modyfikację tablicy LUT (Look-Up Table) do karty wideo na podstawie zmierzonych różnic wartości monitora a krzywą DICOM. Tego typu kalibracja jest przeprowadzana w monitorach starszego typu oraz zestawach projektor i komputer do prezentacji obrazów DICOM. Jest ona jednak czuła na zmiany sprzętu oraz mniej dokładna niż druga metoda. Rysunek 12 przedstawia drogę obrazu od sprzętu badawczego do urządzenia obrazującego –

QC Management Standards



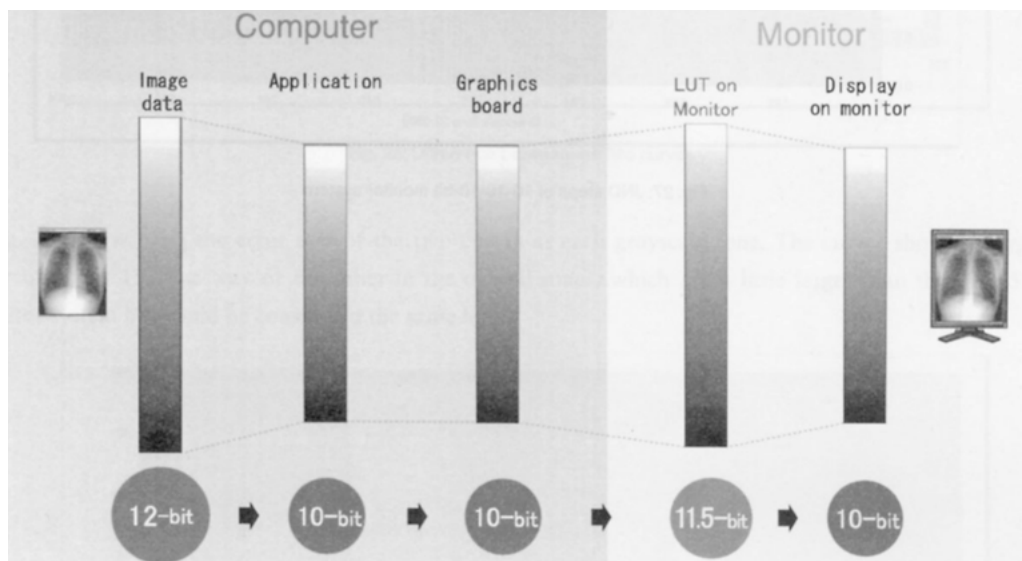
Rys. 11. Normy kalibracyjne dla monitorów medycznych



Rys. 12. Miejsce powstawania największych zniekształceń dla kanału przesyłania 12-8-8-8-8

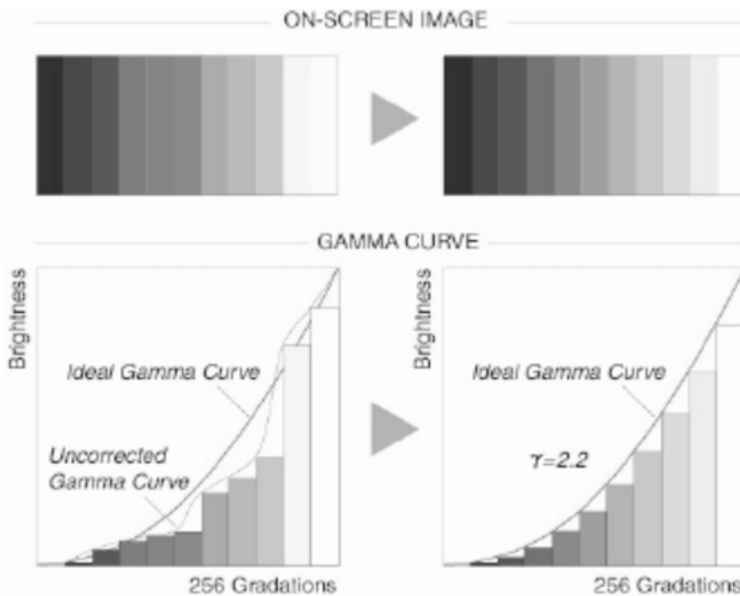
monitora diagnostycznego. Karta graficzna, która jest 8-bitowa, musi dokonać korekty obrazu i usunąć z 256 przesyłanych skali szarości określone wartości, aby zbliżyć się do standardu krzywej DICOM. Wąskie gardło tej metody to przejście z 8 bitów danych dochodzących do karty na poniżej 8 bitów wyświetlanych z tablicy LUT. W efekcie otrzymujemy mniej niż 256 skali szarości do wizualizacji obrazu (ok. 190 punktów przejść), co zmniejsza znacząco skalę obserwowalnych przejść, błąd odwzorowania może sięgać powyżej 4%. Przykładem kalibracji pracującej na tej zasadzie jest uniwersalny kalibrator Verilum.

Druga metoda kalibracji polega na wpisywaniu bezpośrednio do tablicy monitora zmian korekcyjnych w stosunku do krzywej DICOM. Urządzenie fotometryczne bada wyświetlany obraz testowy. Poprzez port USB przesyła dane do oprogramowania kalibracyjnego, które z kolei wysyła do portu USB monitora dane korygujące wbudowaną w monitor tablicę LUT. W tej metodzie dane przesyłane z karty do monitora są zawsze liniowe (bez jakichkolwiek strat informacji), a korekta dokonywana jest poprzez usuwanie z tabeli np. 11,5-bitowej – 3 061 przejść tonalnych takich wartości, które są odległe od wartości idealnej dla krzywej DICOM. W wyniku korekty monitor może wyświetlać 10 bitów – 1 023 skali szarości w systemie 12-10-10-11,5-10, ale znacznie dokładniej z charakterystyką najbardziej zgodną z normą DICOM. Schemat blokowy poniższego kanału transmisji przedstawia rys. 13. Tak skalibrowany monitor może być podłączony do dowolnej karty medycznej (specjalizowanej szybkiej karty wideo) niezależnie od konfiguracji zestawu komputerowego. Błąd odwzorowania krzywej DICOM dla takiej konfiguracji sięga poniżej 0,4%.



Rys. 13. Droga przesyłania danych w kanale typu 12-10-10-11, 5-10

Częstotliwość wykonywania kalibracji dokładnie określają poszczególne normy, dla przykładu EUREF dla badań screeningu mammograficznego zaleca *pattern check* codziennie przeprowadzany przez użytkownika, a pomiar luminancji, przejść tonalnych oraz jednorodności jasności raz na 6 miesięcy – przez fizyka medycznego.

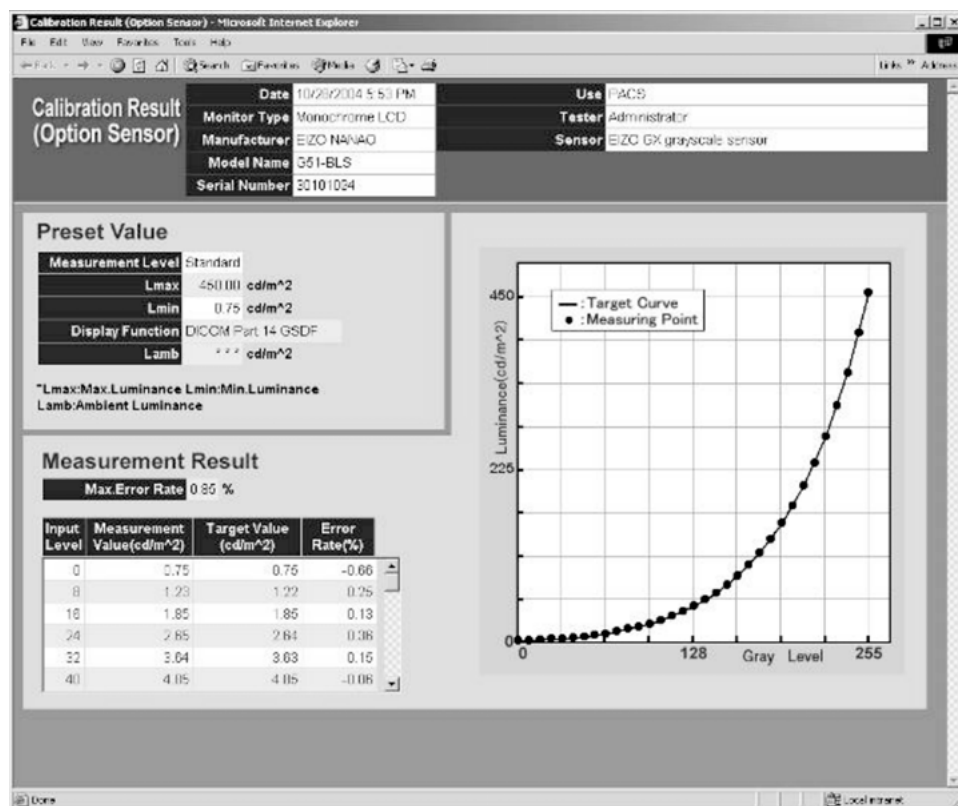


Rys. 14. Różnica w wyświetlaniu skali szarości przy usuwaniu wartości z dostępnych 256 skali z tablicy LUT

Proces kalibracji monitora do krzywej DICOM przeprowadzany jest w pełni automatycznie. Sensor fotometryczny w pierwszym podejściu bada wyświetlane skokowo wartości jasności obrazu w centralnej części monitora, w drugim przebiegu bada zgodność skorygowanych danych w stosunku do krzywej DICOM. W jego wyniku następuje zapis odchyłki wyświetlanych wartości od wartości wzorcowej dla tej krzywej. Na przykład dla oprogramowania RadiCS GX 2.0 otrzymujemy następujący wydruk po przeprowadzonej kalibracji (rys. 15).

Podobnie wygląda procedura przeprowadzania kalibracji przy użyciu oprogramowań DR Cal, Niowatch czy Medical Pro.

Następną czynnością wykonywaną podczas procesu kalibracji jest test akceptacji wyświetlanych patternów – zestawów testowych obrazów. Są one tak dobrane, aby wychwycić wzrokowo jakiegokolwiek zniekształcenia bądź utratę jakości zobrazowania. Tego typu test nazywa się testem akceptacyjnym i powinien być wykonywany codziennie po włączeniu monitora medycznego.

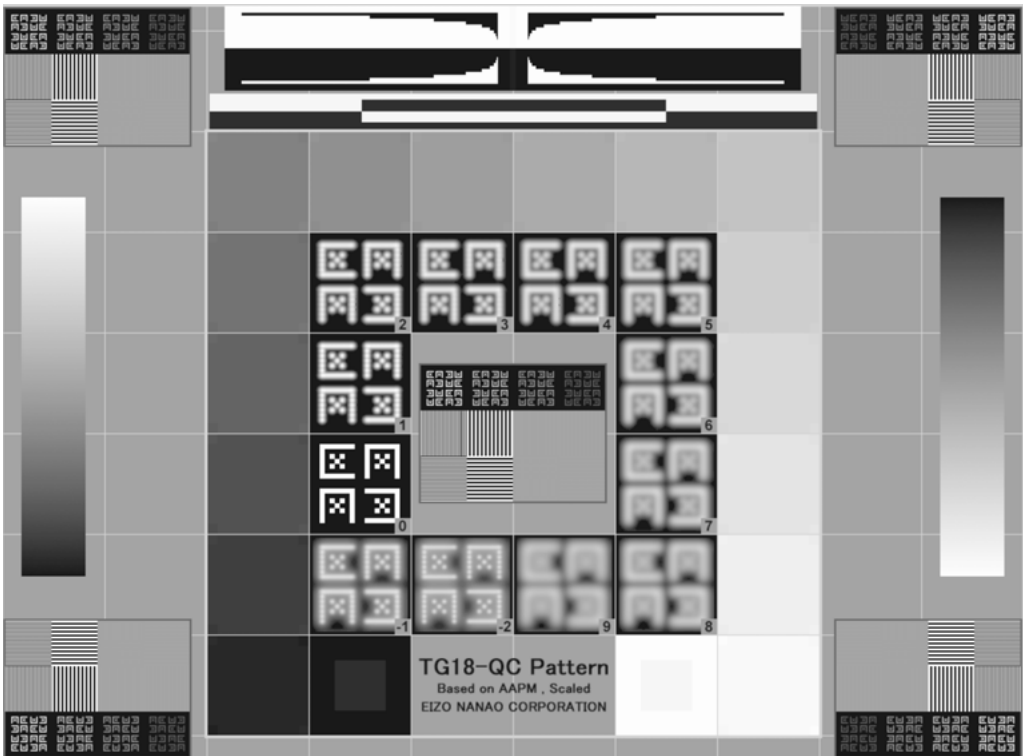


Rys. 15. U góry wydruk po procesie kalibracji monitora medycznego. Na wykresie widoczne punkty z pomiaru umieszczone na wzorcowej krzywej DICOM. U dołu przyjazny ekran procedury kalibracyjnej (dostępne klawisze: kalibracja, test akceptacyjny oraz podgląd historii kalibracji)

Patterny, czyli ekrany wzorcowe, są zawsze dostosowywane do konkretnej rozdzielczości obrazu (brak kompresji). Ponieważ są one ogólnie dostępne na odpowiednich stronach Web komitetów opracowujących normy medyczne,

a wymaganiem do ich wizualizacji jest używanie dobrego monitora medycznego, zachęcamy do ich pobrania i przetestowania na własnym monitorze.

Jednym z najbardziej znanych i uniwersalnych patternów jest opracowany przez amerykański komitet obraz znany pod nazwą SMPTE oraz jego bardziej rozbudowana wersja TG18-QC. Jest on przedstawiony na rys. 16.



Rys. 16. Obraz testowy TG18QC Pattern (dzięki uprzejmości firmy EIZO)

Na monitorze medycznym widoczne są wszystkie szczegóły umieszczone na tym obrazie. Dla przykładu muszą być widoczne, np. lekko ciemniejszy (+5% zaczerwienienia) kwadrat w jasnym kwadracie po prawej stronie napisu TG18 oraz ciemny mały kwadrat (+95% zaczerwienienia) w kwadracie po lewej od napisu TG18, płynne przejścia tonalne po bokach wyświetlanego na ekranie obrazu. Górne białe-czarne prostokąty z wpisanymi figurami służą do określenia, czy nie występuje nachodzenie na siebie, zamazanie ostrych krawędzi. Oczywiście patterny są tak dobrane, aby wychwytywały wszelkie niedoskonałości zobrażenia na monitorze medycznym. Ten wzorzec jest do ściągnięcia na wielu stronach poświęconych kontroli jakości w radiologii i powinien być oglądany na monitorze skalibrowanym do DICOM. Dlatego prawdopodobnie zamieszczony wydruk tego wzorca może nie uwidaczniać wszystkich szczegółów patternu.

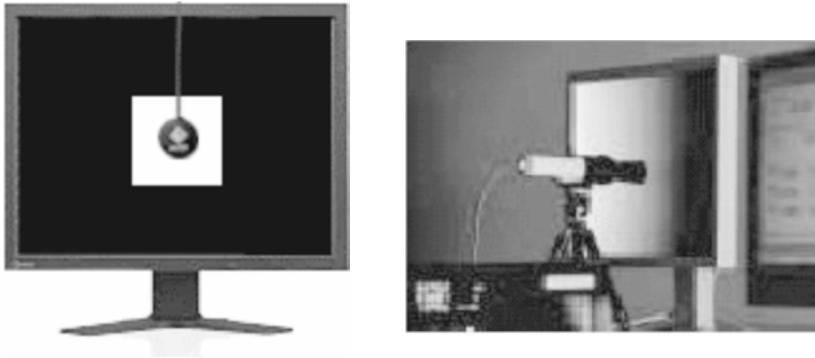
Na rysunku 17 przedstawiony jest przykładowy fragment arkusza testu akceptacyjnego. Osoba włączająca monitor do pracy danego dnia powinna przejść wszystkie dedykowane dla tego testu ekrany i odpowiedzieć na pytanie, czy są obserwowalne odpowiednie elementy patternu. Zazwyczaj test taki trwa 5–10 minut i jego aprobata stanowi potwierdzenie wykonania procedury kalibracyjnej testu akceptacyjnego oraz jest podstawą do stwierdzenia sprawności monitora w diagnostyce lekarskiej w danym dniu pracy. Nowoczesne programy do kalibracji mają możliwość zaplanowania automatycznego uruchamiania testu akceptacyjnego o określonej godzinie tak, aby został on wykonany przed rozpoczęciem dnia pracy na stacji diagnostycznej.

Godzina, data wykonania testu		Rezultat
TG-18AD	Czy wszystkie pola szare są jednakowe?	
TG-18QC	Czy brak jest widocznych zniekształceń geometrycznych?	
	Czy linie na obrazie są proste?	
	Czy linie siatkowe są równoległe?	
	Czy obraz nie ma zniekształceń nieliniowych?	
	Czy obraz w rogach jest tak ostry jak w centrum ekranu?	
	Czy linie w narożnych kwadratach i centrum są równoległe?	
	Czy siatka linii jest wyświetlana bez efektu zbieżności?	
	Czy obraz jest bez inwersji skali szarości lub prążkowania?	
	Czy obraz jest wyświetlany bez żadnego migotania?	
	Osoba wykonująca test akceptacji (imię, nazwisko)	Podpis

Rys. 17. Przykładowy arkusz wykonania testu akceptacyjnego dla oprogramowania RadiCS

Fotometr służący do pomiaru parametrów monitora przedstawia rys. 18. Jest to kalibrator z odpowiednim oprogramowaniem, które podaje wyniki pomiaru dokonywanego albo poprzez port RS232, albo złącze USB. Bardziej zaawansowane fotometry służą do doboru par monitorów oraz szczegółowych pomiarów podczas procesu produkcji/serwisowania paneli.

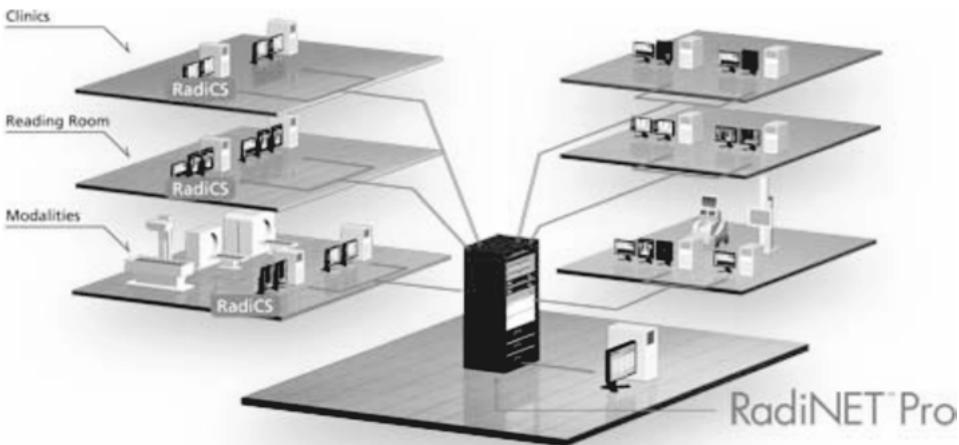
Kontrola jakości wykonywania testów akceptacyjnych oraz pomiarów fotometrem musi być przeprowadzana systematycznie, zgodnie z zaleceniami poszczególnych norm dla danej dziedziny badań. Wykonany test jest jednocześnie podstawą do wykonania audytu wykonanych procedur kalibracyjnych w szpitalu. W celu automatyzacji procesu kontroli oraz zdalnego wykonywania niektórych czynności producenci oprogramowań oferują jego sieciową wersję – MediCal QAWeb. W tej koncepcji możliwe jest automatyczne powiadamianie użytkowników o niewypełnieniu wymaganych danego dnia procedur. Niektóre z rozwiązań z wyprzedzeniem, np. 6-miesięcznym, są w stanie na zasadzie esty-



Rys. 18. Kalibrator z lewej (fotometr) badający jasność monitora w środku ekranu. Po prawej fotometr w fabryce podczas procesu parowania monitorów

macji podać szacowany czas, kiedy monitor osiągnie parametry poniżej dopuszczalnych norm.

Dla przykładu jeden z najbardziej rozbudowanych programów RadiNet Pro jest w stanie kontrolować do 8 000 monitorów z jednego miejsca. Rysunek 19 przedstawia koncepcję pracy tego rozwiązania.



Rys. 19. Zarówno systemy badawcze, jak i stacje diagnostyczne automatycznie raportują po sieci do centrum kontroli kalibracji wykonanie wszystkich procedur

Zaletą scentralizowanej kontroli jakości jest łatwość wychwycenia niewykonania codziennego testu akceptacyjnego, zdalne wykonanie części procesu kalibracji czy przełączanie monitora w różne tryby pracy zależnie od planowanego wykorzystania. Kalibracja powinna być przeprowadzana w warunkach pracy użytkowników, takich jak temperatura, oświetlenie itp., aby parametry ustawień monitora właśnie dla tych warunków były zgodne z DICOM.

Oprócz diagnostycznych monitorów medycznych (klasy A) w szpitalach używa się monitorów podglądowych, referencyjnych (klasy B). Są to wysokiej jakości monitory LCD, w których na jednej z opcji menu została zaszyta na stałe krzywa DICOM. Monitory te mają znacznie lepszą możliwość wyświetlania obrazów radiologicznych niż zwykłe monitory. Z punktu widzenia pomiaru parametrów można w nich dokonywać pomiaru równomierności oświetlenia, jasności, natomiast nie ma możliwości korekcji krzywej DICOM ze względu na zmiany w czasie parametrów monitora. Doskonale nadają się one dla lekarzy klinicystów, którzy wymagają tylko podglądu zdjęcia pacjenta i zobaczenia opisanych przez radiologa zmian.

Przykładem takiego monitora podglądowego jest model S1910-M czy S2100-M. Mają one zaszyte standardy DICOM Blue Base (odcień niebieski, jak niektóre używane filmy radiologiczne) oraz DICOM Clear Base (czysta skala szarości). Zmiana profilu monitora następuje po naciśnięciu jednego klawisza menu lub automatycznie po wywołaniu medycznej aplikacji (zgodnie z wcześniejszymi ustawieniami).

Możliwe jest także skalibrowanie do DICOM urządzeń typu projektor multimedialny w celu prowadzenia szkoleń dla radiologów z wyświetlaniem na dużym ekranie zdjęć radiologicznych zgodnie z krzywą DICOM. Do tak zaawansowanej kalibracji jest używany kalibrator Verilum przystosowany do kalibracji projektorów.

4. Podsumowanie

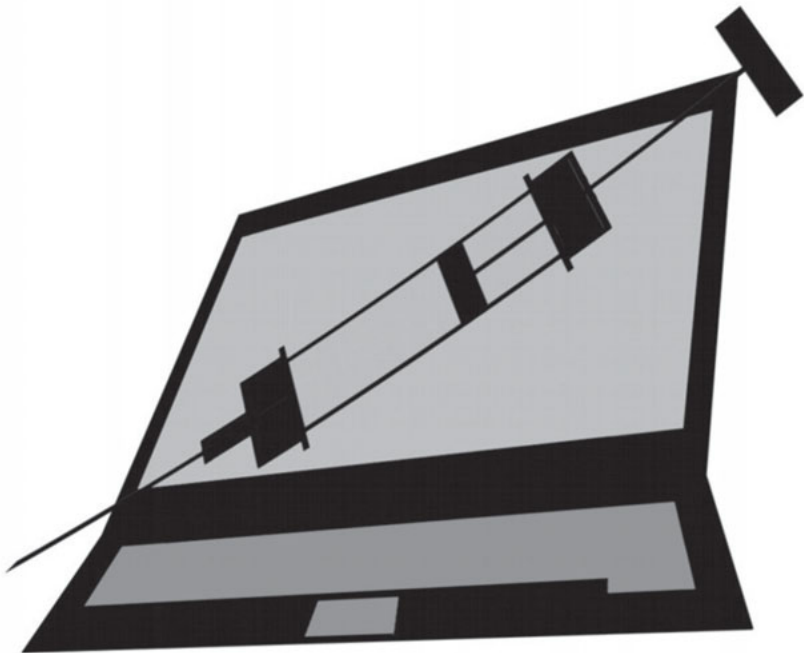
Urządzenia, od których zgodności wyświetlania obrazów diagnostycznych z normami medycznymi zależy życie i przyszłość wielu pacjentów, muszą być poddawane systemowi ostrej kontroli. Celem autora było przedstawienie, dlaczego obraz na ekranie monitorów diagnostycznych może ulec zmianie. Ta zmiana z kolei może mieć decydujący wpływ na wydawaną diagnozę. Dlatego kalibracja monitorów medycznych, która ma na celu zapewnienie ujednolicenia wydawania opinii o zdjęciu pacjenta, musi być rygorystycznie wykonywana zgodnie z zaleceniami poszczególnych norm medycznych. Ponieważ w czasach radiologii cyfrowej zdecydowana liczba zdjęć wykonywanych jednorazowo nadaje się do wydania wielu diagnoz, nie powinno się zaniedbywać w utrzymywaniu na odpowiednim poziomie urządzeń do zobrazowania całego kanału wykonywanego badania, w tym monitorów medycznych. Metod kalibracji jest wiele, ale wynik powinien zawsze zostać taki sam – maksymalna zdolność pokazania obrazu pacjenta zgodnie z krzywą DICOM.

Dziękuję firmie EIZO, która udostępniła mi odpowiednie rysunki i zdjęcia.

Literatura

Informacje z ulotek o monitorach medycznych ze stron Web producentów.
Materiały szkoleniowe producentów: EIZO, BARCO, Totoku, Wide, Nec.
Materiały z seminariów i szkoleń z ECR 04, 05 i 06, RSNA 04 i 05.

Część III



KOMPUTEROWE
WSPOMAGANIE TERAPII

R o z d z i a ł 1

TELEREHABILITACJA – APLIKACJE PRAKTYCZNE W ORTOPEDII I TRAUMATOLOGII NARZĄDU RUCHU

Wojciech Glinkowski, Monika Wasilewska, Konrad Mąkosa,
Andrzej Górecki

Streszczenie: *Rozwój telemedycyny wiąże się z rozszerzaniem jej aplikacji na specjalności, w których dotychczas nie były stosowane. Jednym z nowych działów telemedycyny staje się telerehabilitacja, która polega na świadczeniu usługi rehabilitacyjnej na odległość za pośrednictwem sieci telekomunikacyjnej lub Internetu. Jej usługi obejmują ocenę kliniczną, zdalnie nadzorowaną terapię lub teleedukację w rehabilitacji. W przeprowadzonych badaniach pilotażowych wykorzystano dostępne, dedykowane rozwiązania do telerehabilitacji. Przedstawiono możliwości telerehabilitacji ruchowej i telenadzoru w fizykoterapii z wykorzystaniem urządzeń do terapii domowej. Telerehabilitacja może zapewnić terapię pacjentom, którzy nie mają możliwości dojechać do zakładu rehabilitacji z różnych powodów. W większości wykorzystuje się profesjonalne systemy wideokonferencyjne, internetowe, telefonii stacjonarnej, przez łącza ISDN, a ostatnio także przez usługi sieci mobilnych 3G. W Centrum Doskonałości „TeleOrto” przeprowadzono badania pilotażowe z wykorzystaniem internetowej aplikacji dedykowanej do telerehabilitacji oraz telerehabilitację 3G. „System Telerehabilitacja v.1.0” jest oparty na jednym zdalnym serwerze, do którego łączą się uprawnione osoby z dowolnego miejsca na ziemi. Teleedukacja w rehabilitacji również może być rozwijana na podstawie wideokonferencyjnych systemów komunikacji internetowej. Rozwiązania takie są atrakcyjne ze względu na swoją interaktywność i niezbyt wysokie koszty. W telerehabilitacji ruchowej wykorzystanie urządzeń do teleEKG i innych czujników pozwalających na transmisję sygnałów od pacjenta do prowadzącego sesję telerehabilitacyjną może zwiększać poziom bezpieczeństwa terapii i poprawiać poziom zaufania pacjenta.*

Słowa kluczowe: *telerehabilitacja, traumatologia narządu ruchu, ortopedia, System Telerehabilitacja v.1.0, telekonferencja*

Abstract: *The development of telemedicine expands into domains previously not explored. One of the new areas of telemedicine is telerehabilitation, which allows providing rehabilitation services*

remotely over telecommunications networks or the Internet. Clinical assessment, remotely supervised therapy and teleeducation are widely implemented in telerehabilitation. We have conducted preliminary research utilizing dedicated applications we developed. The capabilities of musculoskeletal telerehabilitation, telementoring, and remotely supervised kinesiotherapy were tested extensively. Telerehabilitation seems to become a way of providing therapy for patients who are not able to reach a rehabilitation outpatient facility. The videoconferencing systems are most commonly used for providing two-way patient-therapist video communication. Videoconferencing systems may utilize Internet, stationary phone-based, ISDN, satellite or even 3G mobile services. The preliminary research in the Center of Excellence "TeleOrto" for Telediagnosics and Therapy of Disorders and Injuries of Locomotor System employed an Internet telerehabilitation application as well 3G telerehabilitation. The version 1.0 of the Telerehabilitation System is based on one remote server, to which an entitled person is able to connect from anywhere on the Earth. Teleeducation in rehabilitation can be provided successfully using the described Internet videoconferencing system. The interoperability and relatively low expenses are the most attractive features of that system. In musculoskeletal telerehabilitation the employment of teleECG monitoring as well as utilizing other sensors allows transmitting signals from a patient to the supervising physician, who increases the safety of therapy and rises up patient's trust.

Keywords: telerehabilitation, orthopaedics and traumatology of the locomotor system, the version 1.0 of the Telerehabilitation System, videoconferencing system

1. Wprowadzenie

Systemy biotelemetryczne i programy badań kosmicznych stworzyły możliwość dotarcia do trudno dostępnych obszarów globu i zdalnego monitorowania objawów fizjologicznych. Doprowadziło to do powstania początkowo telematyki medycznej, z czego następnie wyewoluowała telemedycyna (Glinkowski, Mąkosa, Pawlica, Marasek, Górecki 2006). Rozszerzanie możliwości zastosowań systemów telemedycznych wynika bardzo często z wdrażania wysoko zaawansowanych technologii informatycznych. Telerehabilitacja jest to świadczenie usługi rehabilitacyjnej na odległość za pośrednictwem sieci telekomunikacyjnej lub Internetu. Większość usług obejmuje ocenę kliniczną lub terapię kliniczną. Niektóre z obszarów rehabilitacji na odległość już przebadano (Glinkowski, Górecki 2005; Glinkowski, Mąkosa, Wasilewska, Marasek, Górecki 2006; Iwatsuki, Fujita, Maeno, Matsuya 2004; Maeno, Fujita, Iwatsuki 2004; Nakamura, Takano, Akao 1999; Ricker, Rosenthal i in. 2002; Rintala, Krouskop i in. 2004; Russell, Buttrum, Wootton, Jull 2003; Russell, Buttrum, Wootton, Jull 2004; Russell, Jull, Wootton 2003; Russell, Wootton, Jull 2002; Wasilewska 2006; Wong, Hui, Woo 2005). Należą do nich: telerehabilitacja ruchowa, fizykoterapia z wykorzystaniem urządzeń do terapii domowej, stosowanych pod nadzorem na odległość, telerehabilitacja mowy i telerehabilitacja

zawodowa. Telerehabilitacja może zapewnić terapię pacjentom, którzy nie mają możliwości dojechać do zakładu rehabilitacji z różnych powodów. W większości wykorzystuje się systemy wideokonferencyjne, internetowe, telefonii stacjonarnej przez łącza ISDN, a ostatnio także przez usługi sieci mobilnych 3G (Nakamura, Takanō, Akao 1999).

Usługi telerehabilitacyjne, podobnie jak inne działania telemedyczne, korzystają z różnych sposobów transmisji informacji. Częste i ekonomicznie uzasadnione jest używanie do tego celu mediów przeznaczonych do bardziej ogólnych celów, np. Internet. Wykorzystywane są łącza przewodowe wykorzystujące istniejącą infrastrukturę telefoniczną, sieci telewizji kablowych (CATV), bezpośrednie łącza do Internetu oraz dedykowane linie telekomunikacyjne lub bezprzewodowe: WLAN (Wireless Local Area Network), telefonia komórkowa GSM oraz łącza satelitarne.

Łącza przewodowe wykorzystują m.in.: ISDN (Integrated Systems Digital Network), DSL (Digital Subscribe Line), CATV, bezpośredni dostęp do Internetu, dedykowane łącza telekomunikacyjne.

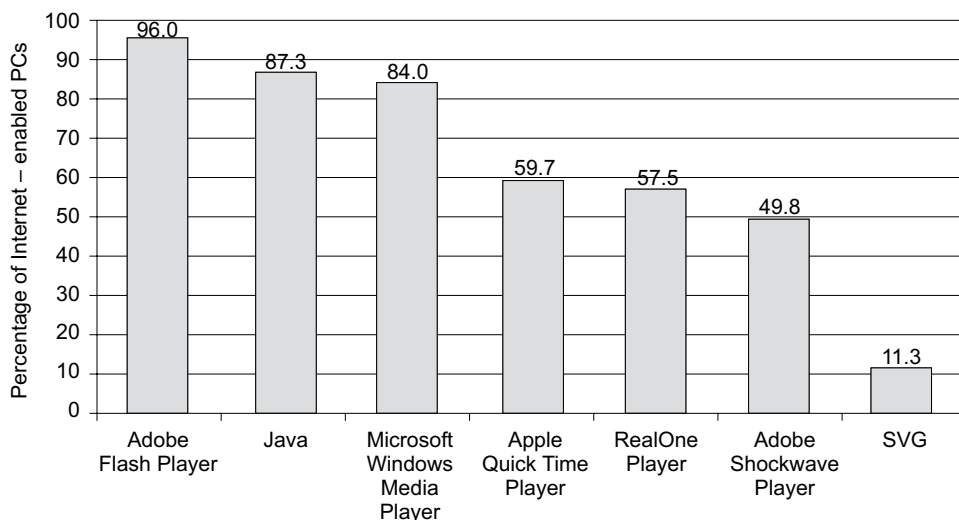
Łącza bezprzewodowe mają zastosowanie tam, gdzie użycie łączy przewodowych wiąże się z dużymi kosztami lub jest niemożliwe lub też ze względu na jednorazowość sytuacji korzystanie z nich jest po prostu zbędne. W takich przypadkach można skorzystać z bezprzewodowej sieci GSM lub WLAN, które działają na zasadzie transmisji fal radiowych.

Technologie internetowe

Flash Player – po stronie nadawcy i odbiorcy. Został wybrany ze względu na dużą popularność Flasha wśród osób korzystających z sieci Internet. Użytkownicy z zainstalowanym środowiskiem Adobe Flash stanowią ok. 94% osób korzystających z sieci. W tej technologii istnieje własny protokół wymiany danych RTMP, stworzony specjalnie na potrzeby rozwiązań komunikacji multimedialnej w czasie rzeczywistym: własny standard obsługi mediów strumieniowych, czyli wymiany obrazu bądź dźwięku w czasie rzeczywistym, oraz serwer komunikacyjny (Flash Media Server), umożliwiający podłączenie wielu użytkowników do jednej wspólnej aplikacji. Wielopatformowość Flash Playera pozwala na to, że jest on dostępny w systemach Windows, MacOS, Linux, komputerach przenośnych PDA i telefonach z systemem Symbian.

Jednym z trzech wymienionych atutów środowiska Adobe Flash jest jego popularność wśród osób korzystających z sieci Internet. Ankieta przeprowadzona we wrześniu 2006 roku wykazała, że ponad 96% osób korzystających z Internetu posiada zainstalowaną „wtyczkę” do przeglądarki internetowej, umożliwiającą korzystanie ze środowiska Flash (zob. rys. 1).

Flash Media Server (dawniej Flash Communication Server). Jest to serwer dystrybuujący dane, zaawansowany, przeznaczony do dystrybucji danych w postaci strumieniowej oraz przechowywania danych współdzielonych. Umoż-



Rys. 1. Korzystanie z różnych środowisk przez użytkowników Internetu

Źródło: http://www.adobe.com/products/player_census/flashplayer/.

liwia przekaz na żywo oraz rejestrację do późniejszego odtworzenia dźwięku, obrazu i danych. Server ten oprogramowany jest specjalną wersją języka Actionscript (Server Side Actionscript), od innych serwerów tego typu wyróżnia go gotowość współdziałania z mediami interaktywnymi.

Używany protokół

RTMP (z ang. Real Time Messaging Protocol, czyli protokół komunikacji w czasie rzeczywistym). Jest stosunkowo nowym protokołem, został on bowiem stworzony ok. 3 lat temu na potrzeby wymiany danych pomiędzy klienckimi aplikacjami Flash z serwerem komunikacyjnym. Oparty jest na protokole TCP/IP. Wykorzystuje on go do transmisji pakietów i zbierania informacji na ich temat, np. czy dostarczone bądź czy otrzymane pakiety nie są błędne. Informacje wysyłane przez protokół RTMP to dane, dźwięk i wideo. Format wideo jest kompresowany do wyboru kodekiem Sorenson Spark lub najnowocześniejszym On2. Przesyłanie danych ma ustalone priorytety. W wypadku słabego połączenia z siecią do klienta najpierw dociera dźwięk, potem dane, a na końcu pakiety z informacjami wideo. Dzięki hierarchizacji oraz umożliwieniu porzucania pakietów protokół RTMP stanowi świetne medium do komunikacji audio-wizualnych nawet przy słabszych łączach internetowych.

Media strumieniowe umożliwiają dostarczanie informacji multimedialnej na życzenie. Opierają się one na transmisji skompresowanych danych multimedialnych poprzez sieć, np. Internet. Technika strumieniowa opiera się na idei strumienia pakietów, interpretowanych po kolei w momencie ich odbioru. Każdy pakiet zawiera ilość informacji wystarczającą do odtworzenia pewnego fragmentu prezentacji multimedialnej. Bez zastosowania mediów strumieniowych

konieczne jest przesłanie całego pliku z prezentacją i dopiero wtedy można ją odtwarzać, co jest bardzo nieefektywnym sposobem do prezentacji plików dużej wielkości.

Na medium strumieniowe składa się wiele elementów całego systemu złożonych razem. Najpierw używa się specjalnych kodeków stosujących algorytmy kompresji, które kodują dokument multimedialny do postaci zdatnej do transmisji przez Internet. Następnie dane są przekazywane na serwer, który dostarcza je do wszystkich odbiorców. Wszyscy klienci posiadają odtwarzacze, które składają pakiety odebrane z serwera w gotową prezentację. Następnie jest ona dekodowana przez kolejny zestaw kodeków i odtwarzana po stronie użytkownika.

Najpopularniejsze dane przesyłane w postaci mediów strumieniowych to dźwięk (radio internetowe), obraz (telewizja internetowa) oraz dodatkowe dane opisowe, np. napisy do filmu albo tekst piosenek, komunikaty tekstowe.

Wyróżnia się dwa rodzaje dostępu do mediów strumieniowych:

- na żywo (ang. *live*) – transmitowane są dane, które od razu docierają do wszystkich użytkowników, nawet z bardzo odległego od nich miejsca na świecie, np. transmisja koncertu na żywo.
- na życzenie (ang. *on demand*) – serwer ma bazę zarejestrowanych danych multimedialnych. Każdy użytkownik wybiera sobie, który pokaz multimedialny, od jakiego momentu chce oglądać. Przykładem może być tutaj wypożyczalnia filmów, w której wybieramy sobie jeden z nich i oglądamy go przez Internet.

Ważny jest też problem buforowania. Internet nie został stworzony do transmisji w czasie rzeczywistym. Pakiety często podróżują wieloma drogami, co powoduje zamianę ich kolejności albo docieranie pakietów do użytkownika w dużych porcjach. W efekcie konieczne jest buforowanie komunikacji – nowe pakiety nie są od razu wyświetlane, tylko umieszczane w specjalnym buforze, gdzie czekają na swoją kolej. Jeżeli z jakiegoś powodu któryś z pakietów się spóźni, można odtworzyć jeden z pakietów czekających w buforze. Dzięki temu prezentacja może być odtwarzana płynnie. Ceną tego jest występowanie pewnego opóźnienia odbioru (Franklin, Makar 2004).

Systemy telemedyczne są powoli adaptowane i wykorzystywane w wielu specjalnościach medycznych. Szeroki wachlarz ich nowych możliwości i długa lista korzyści płynących z wdrażania najnowszych technologii oraz technik telekomunikacyjnych i teleinformatycznych zainteresowała m.in. specjalistów zajmujących się rehabilitacją, tworząc nową dziedzinę zwaną telerehabilitacją.

Telerehabilitację można zdefiniować jako wykorzystanie technologii informatycznych i komunikacyjnych do podnoszenia jakości usług rehabilitacyjnych oraz pomocy pacjentowi w utrzymaniu samodzielności w życiu. Wywodzi się ona z szerokiego pojęcia telemedycyny, ale stworzono ją na potrzeby rehabilitacji. W ujęciu Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) rehabilitacja jest kompleksowym i skoordynowanym stosowaniem środków medycznych, socjalnych, wy-

chowawczych i zawodowych w celu przystosowania do życia i odzyskania utraconej sprawności. Stanowi ona integralną część leczenia chorych z różnymi schorzeniami, takimi jak złamania, amputacje, zapalenia stawów, choroby układu krążenia i oddechowego, przewlekły ból, odleżyny, wszelkiego rodzaju urazy, wrodzone deformacje, osteoporoza i wiele innych jednostek chorobowych. Celem procesu rehabilitacyjnego jest nie tyle leczenie choroby, charakterystyczne dla postępowania medycznego, ile poprawianie funkcji i pokonywanie przez pacjenta swej niepełnosprawności. Jej skuteczność zależy przede wszystkim od jak najwcześniejszego rozpoczęcia procesu usprawniania, a także od czasu trwania i intensywności. Przykładowo, częstsze sesje rehabilitacyjne, nawet do 5 w tygodniu, u pacjenta po złamaniu stawu biodrowego dały szybszy powrót do zdrowia niż u osób rehabilitowanych z mniejszą intensywnością, co wiązało się z krótszym pobytem w szpitalu i szybszym powrotem do codziennego życia. Rozpoczęcie usprawniania już 2 tygodnie po urazie u pacjentów po złamaniu kości ramiennej znacznie zwiększyło zakres ruchów kończyny w porównaniu do osób, które zaczęto usprawniać później. Telerehabilitacja daje zatem szansę na kontrolę pacjenta i możliwość prowadzenia terapii nawet wówczas, gdy brak bezpośredniego kontaktu z chorym. Powstanie i rozwój tej dziedziny wynika z podobnych powodów, jak w całym obszarze telemedycyny. U podstaw jej zastosowania leży w głównej mierze potrzeba: zwiększenia dostępu do opieki medycznej osobom zamieszkującym odległe lub ubogie rejony, zapewnienia ciągłości leczenia lub terapii pacjentom po opuszczeniu placówki opieki zdrowotnej i wreszcie ograniczenia kosztów związanych z dotarciem i korzystaniem z opieki medycznej. Istnieje jeszcze długa lista możliwości i korzyści płynących z telemedycyny. Należą do nich m.in.: szybszy dostęp do specjalistów w zakresie ochrony zdrowia, monitorowanie stanu chorych, nadzór nad osobami starszymi, pomoc dla osób opiekujących się chorymi, ułatwienie kontaktu między ośrodkami o różnej specjalizacji i różnym dostępie do technologii medycznych oraz szkolenie terapeutów na odległość.

Zwiększenie dostępu do opieki rehabilitacyjnej jest głównym powodem zainteresowania programem telerehabilitacji. Russell i inni badacze (Russell, Buttrum, Wootton, Jull 2003; Russell, Buttrum, Wootton, Jull 2004) zaobserwowali u pacjentów, zamieszkujących odległe wiejskie tereny Australii, po wszczępieniu totalnej endoprotezy stawu kolanowego, że wynikiem nieadekwatnej rehabilitacji po wszczępieniu endoprotezy jest niski poziom sprawności fizycznej pacjenta, co znacznie obniża „przeżywalność” protezy. W tym celu stworzyli system telemedyczny, który pozwoliłby na dotarcie z opieką rehabilitacyjną prosto do domu pacjenta. Badanie symulacyjne przeprowadzono w szpitalu w dwóch oddzielnych pokojach połączonych ze sobą łączem internetowym, z których jeden imitował warunki domowe. Program rehabilitacyjny, jaki przeszli uczestnicy, trwał przez 6 tygodni, obejmując jedno 45-minutowe spotkanie terapeutyczne w tygodniu. Składał się on z pre-

zestawie ćwiczeń oraz instruktażu czynności, m.in. mobilizacji rzepek. Ćwiczenia te pacjent musiał wykonywać samodzielnie pod nadzorem terapeuty. Osiągnięte wyniki wykazały, że efekty terapeutyczne były porównywalne z tymi prowadzonymi w tradycyjny sposób. Okazało się również, że system ten został bardzo dobrze przyjęty zarówno przez pacjentów, jak i terapeutów. Ci sami badacze, w jednym z wcześniejszych swoich projektów (Russell, Buttrum, Wootton, Jull 2003; Russell, Buttrum, Wootton, Jull 2004; Russell, Jull, Wootton 2003; Russell, Wootton, Jull 2002), postanowili sprawdzić, czy możliwe jest dokonanie miarodajnej oceny kąta zgięcia kolana w czasie kontaktu z pacjentem jedynie za pośrednictwem Internetu. Pomiary zakresów ruchów są bardzo ważne w pracy fizjoterapeuty, gdyż na tej podstawie możliwa jest ocena występowania lub też braku dysfunkcji, ustalenie celów terapii, jak i ocena jej efektów. Badanie przeprowadzono z wykorzystaniem własnego cyfrowego goniometru (do pomiarów kąta zgięcia) podłączonego do komputera. Ich wyniki potwierdziły, że za pomocą połączenia internetowego przy wykorzystaniu dodatkowych urządzeń, jakim w tym przypadku był goniometr, możliwe jest zebranie, a następnie przesyłanie rzetelnych i wiarygodnych pomiarów zakresów ruchów.

Aktualnie pomiar goniometryczny realizowany jest bezpośrednio lub pośrednio na zrzutach z ekranu obrazów, które uzyskujemy w trakcie konsultacji ortopedycznej/rehabilitacyjnej, polecając pacjentowi czynnie lub/i biernie ułożyć kończynę w pozycjach skrajnych. Następnie przy wykorzystaniu takich narzędzi, jak: Scale 2.0 lub przeglądarki DICOM (np. „DicomWorks 1.3.5” lub „iPACS”) dokonywane są dokładne pomiary katowe. Informacje przesyłane poprzez systemy telerehabilitacyjne są dla doświadczonego terapeuty wystarczające na ustalenie odpowiedniej terapii i skuteczne usprawnianie pacjenta (Rintala, Krouskop i in. 2004).

Zastosowanie zaawansowanych technik telekomunikacyjnych zwiększa możliwość dotarcia do ludzi starszych, niepełnosprawnych i przewlekle chorych (Iwatsuki, Fujita, Maeno, Matsuya 2004). Wprowadzenie aplikacji telemedycznych może umożliwić połączenie się z terapeutą czy wybranym lekarzem za pomocą praktycznie jednego kliknięcia. Podobnie istotne jest eliminowanie konieczności pokonywania niedogodności związanych z dotarciem na wizytę, takich jak bariery architektoniczne, transport miejski, warunki atmosferyczne. Rehabilitacja jest procesem długotrwałym, który rozpoczyna się w oddziale szpitalnym i powinien być kontynuowany w warunkach zarówno ambulatoryjnych, jak i domowych. Pacjenci mogą być poddawani rehabilitacji w warunkach domowych. W związku z tym jednak wymaga się ścisłej współpracy z wykwalifikowanym terapeutą. Kontakt taki jest możliwy dzięki wykorzystaniu systemów telemedycznych, wyklucza on konieczność stałego kontaktu fizycznego między stronami. Telemonitoring domowy może być używany do nadzoru i leczenia pacjentów cierpiących na wiele różnych dolegliwości, co

poprawia jakość opieki i życia pacjenta (Glinkowski, Mąkosa, Pawlica, Marasek, Górecki 2006; Glinkowski 2006; Glinkowski, Górecki 2005; Glinkowski, Kornacki 1996; Glinkowski, Mąkosa, Wasilewska, Marasek, Górecki 2006; Glinkowski 2005).

Pierwsze próby monitoringu rehabilitacyjnego pacjentów przedstawiono na 3. Międzynarodowej Konferencji Telemedycyny i Komunikacji Multimedialnej w Kajetanach (Glinkowski, Górecki 2005). Przedsięwzięcie polegało na ocenie stanu pacjenta na podstawie obrazów przesyłanych lekarzowi za pomocą telefonu komórkowego. Badaniem objęto siedem osób, u których wykonano zabiegi operacyjne, takie jak artroskopia stawu skokowego lub kolana. Pacjenci po krótkim czasie opuszczali szpital ze szczegółowymi instrukcjami obsługi i ustawień urządzenia do wykonywania ciągłego ruchu biernego (CPM), które wypożyczyli do domu. Obrazy nadsyłane przez chorych miały formę MMS, JPEG lub filmów. Przesłane obrazy cechowała wystarczająca jakość do oceny zakresów ruchu osiągniętych przez pacjenta. Stwierdzono, że wyniki usprawniania oceniane za pomocą monitorowanej rehabilitacji domowej nie różniły się istotnie od efektów uzyskiwanych w konwencjonalny sposób.



Rys. 2. MMS-owy nadzór nad ćwiczeniami biernymi pacjentki na szynie CPM

Możliwe jest zatem zebranie rzetelnych danych o stanie zdrowia pacjenta za pośrednictwem systemów telemedycznych używanych do monitoringu domowego, a informacje przechowywane w bazach komputerowych pozwalają personelowi medycznemu na szybki do nich dostęp przy następnej wizycie. Na podstawie uzyskanych danych osoba prowadząca terapię ma okazję kontroli jej skuteczności lub wprowadzenia koniecznych modyfikacji. Tego typu monitoring umożliwia również wcześniej wykryć ewentualne powikłania (R i n t a l a, K r o s k o p i in. 2004) lub na bieżąco wychwycić pogarszanie się stanu zdrowia pacjenta. Zastosowanie telerehabilitacji wymaga od pacjenta większego osobistego zaangażowania w proces leczenia i rehabilitacji oraz zwiększa świadomość własnego stanu zdrowia. Wprowadzenie mechanizmów samoobserwacji pacjenta, takich jak codzienne notowanie objawów choroby lub dokonywanie prostych pomiarów pozwalających na monitorowanie jej przebiegu zwiększa skuteczność prowadzonej terapii. Nowe wyzwanie dla telerehabilitacji stanowi również telerehabilitacja geriatryczna (N a k a m u r a, T a k a n o, A k a o 1999). Grupa potencjalnych odbiorców takiej usługi stale rośnie. Pacjenci z tej grupy znaczną większość czasu spędzają w domu samotnie, pod opieką rodziny lub w ośrodkach opiekuńczych, w których pobyt nie zwiększa ich aktywności ruchowej. Nakamura i współpracownicy (N a k a m u r a, T a k a n o, A k a o 1999) ocenili możliwości systemu telemedycznego, opartego na wideofonie, do sprawowania opieki domowej nad ludźmi niepełnosprawnymi pozostającymi we własnych domach pod opieką rodziny. Autorowi chodziło nie tylko o dotarcie do chorych, ale także o możliwość udzielenia wsparcia osobom z ich otoczenia. Przebadano 20 pacjentów w starszym wieku, którzy za pomocą wideołączy mieli kontakt ze specjalistami. Pacjenci także otrzymywali w ten sposób konsultacje medyczne, instruktaż ćwiczeń fizycznych, trening komunikacji interpersonalnej i poradnictwo w szerokim zakresie. W ten sposób przekazywano także porady i instrukcje dla członków rodzin dotyczące opieki nad chorym oraz informacje dla pracowników medycznych i wolontariuszy mających kontakt z pacjentem. Po trzymiesięcznym badaniu u osób uczestniczących w eksperymencie zaobserwowano poprawę kontaktów społecznych, chęć uczestniczenia w życiu rodzinnym, wzrost pewności siebie, zmianę trybu życia, poprawę kondycji fizycznej oraz zwiększenie samodzielności w codziennym życiu. Uwagi dotyczące opieki pomogły członkom rodziny skoordynować działania, poprawić bezpieczeństwo i zminimalizować wysiłki związane z opieką nad starszą osobą.

Iwatsuki i współpracownicy (I w a t s u k i, F u j i t a, M a e n o, M a t s u y a 2004) opisali badania, które polegały na rejestrowaniu, przez terapeutów w jednym ze szpitali, sposobu poruszania się pacjentów. Filmy w postaci elektronicznej przesyłano do uniwersyteckiego oddziału fizjoterapii w celu uzyskania profesjonalnej analizy chodu. Warunkiem przeprowadzenia szczegółowej interpretacji danych było dostarczenie specjalistom materiału o dostatecznej jakości. W opinii ekspertów jakość plików filmowych była wystarczająca do

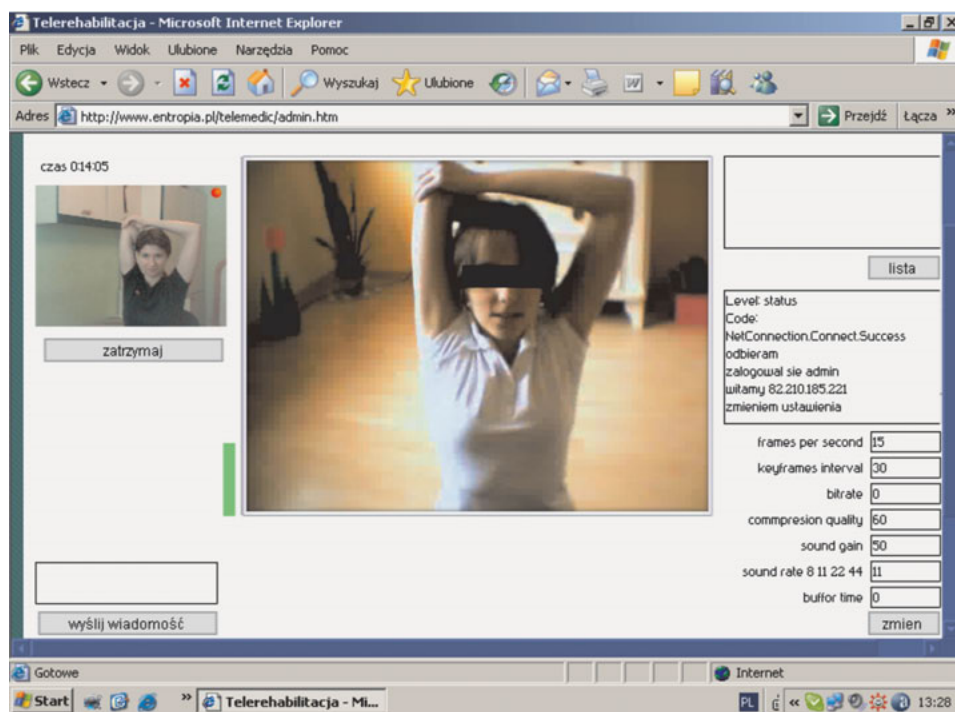
przeprowadzenia rzetelnej interpretacji. Przesłana zwrotnie analiza sposobu poruszania się chorych zawierała również wskazówki dotyczące usprawniania, które terapeuci w szpitalu ocenili jako bardzo przydatne i uwzględnili w zastosowanej terapii. Sprawny przepływ informacji między specjalistami zajmującymi się pacjentem leży u podstaw bezpiecznego, skutecznego leczenia i powodzenia terapii. Mamy z tym do czynienia w rehabilitacji, która z założenia jest dziedziną interdyscyplinarną, czyli polega na współpracy specjalistów wielu dziedzin, takich jak: lekarz, fizjoterapeuta, pielęgniarka, psycholog, terapeuta zajęciowy i inni. Bardzo ważne jest, aby następowała między nimi szybka wymiana informacji i poglądów dotyczących różnych problemów. Wprowadzenie do szpitali sieci komputerowych łączących poszczególne oddziały eliminuje konieczność „biegania po piętrach” w poszukiwaniu wyników badań czy zleceń lekarskich. Oszczędność czasu i usprawnienie pracy personelu skraca pacjentowi czas oczekiwania na postawienie ostatecznej diagnozy i wdrożenie adekwatnego leczenia. Szerokie możliwości i coraz powszechniejsze stosowanie rozwiązań teleinformatycznych zmienia powoli podejście do kształcenia we wszystkich dziedzinach nauki. Do szkolenia personelu, także w rehabilitacji, coraz częściej zaczyna się wykorzystywać systemy telemedyczne (Glinkowski, Mąkosa, Pawlica, Marasek, Górecki 2006; Glinkowski 2006). Główną zaletą tego zabiegu jest możliwość szybkiego i łatwego dostępu do potrzebnych informacji, zwłaszcza że korzystanie z komputerów jest teraz coraz łatwiejsze, gdyż pojawiają się one coraz częściej w szkołach, domach, miejscach pracy czy bibliotekach. Studiowanie czy uczestniczenie w kursach prowadzonych w sposób elektroniczny jest nie tylko możliwe, ale także wysoce skuteczne i już od jakiegoś czasu z powodzeniem stosowane w krajach wysoko rozwiniętych. Umożliwiają one dostęp do wiedzy bez ograniczeń czasowych i lokalizacyjnych oraz poszerzają tradycyjną formę szkolenia o interaktywne prezentacje multimedialne czy symulacje. Wprowadzenie takiego rozwiązania do codziennego użytku daje szansę terapeutom i lekarzom z małych miejscowości na poszerzanie i pogłębianie swojej wiedzy, a co za tym idzie – stwarza możliwość na wyrównanie poziomu opieki medycznej między małymi i dużymi ośrodkami (Wong, Hui, Woo 2005). Internetowy system videokonferencyjny w celach edukacyjnych wykorzystywany jest nie tylko w ortopedii i traumatologii narządu ruchu, ale również w telemedycynie i rehabilitacji.

2. Cel, materiał i metody

Celem niniejszego opracowania jest określenie możliwości wykorzystania dedykowanej, internetowej aplikacji telerehabilitacyjnej do nadzorowania ćwiczeń z pacjentami.

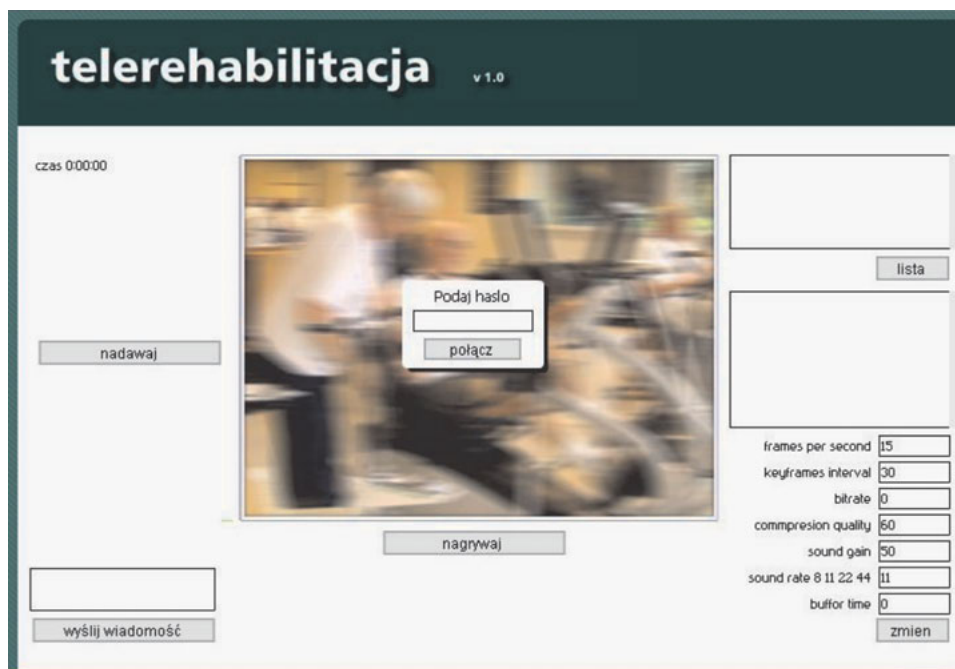
Badania praktyczne nad wdrożeniem telerehabilitacji przeprowadzono za zgodą Komisji Bioetycznej AM w Warszawie. W badaniach praktycznego wykorzystania aplikacji telerehabilitacyjnej przeprowadzono z pacjentami pilotażowe sesje telerehabilitacyjne. Do sesji telerehabilitacyjnych zakwalifikowano pacjentów bez przeciwwskazań do wykonywania ćwiczeń fizycznych. Sesje prowadzono indywidualnie, w systemie „1 na 1”, o ustalonych wcześniej porach. Jednakże czas rozpoczęcia sesji mógł ulegać modyfikacji po powiadomieniu telefonicznym lub SMS. Zastosowany program usprawniania składał się z zestawu indywidualnie dobranych ćwiczeń ogólnokondycyjnych.

Uczestnicy sesji telerehabilitacyjnej (terapeuta, pacjent) korzystali z własnych, stacjonarnych lub przenośnych, komputerów osobistych z dostępem do Internetu z zainstalowaną przeglądarką internetową oraz oprogramowaniem Adobe Flash Player oraz wyposażonych w kamery internetowe.



Rys. 3. Przykładowe ćwiczenia z pacjentem

„System Telerehabilitacja v.1.0” jest oparty na jednym zdalnym serwerze, do którego łączą się uprawnione osoby, z dowolnego miejsca na świecie (Glinkowski, Mąkosa, Pawlica, Marasek, Górecki 2006; Glinkowski, Mąkosa, Wasilewska, Marasek, Górecki 2006). Po pozytywnym procesie weryfikacji uprawnień za pomocą hasła ustalonego wcześniej przez obie strony dany użytkownik logowany jest do systemu i łączy się ze zdalnym serwerem Flash Media Server. System jest oparty na sieci Internet. Do połączenia się z systemem potrzebny jest komputer PC z dostępem do Internetu (stacjonarny lub przenośny).



Rys. 4. Strona terapeuty, aplikacji telerehabilitacyjnej z hasłem do logowania

3. Opis systemu telerehabilitacji

System oparty jest na jednym zdalnym serwerze, do którego łączą się uprawnione osoby z dowolnego miejsca na ziemi. Po pozytywnym procesie weryfikacji uprawnień dany użytkownik logowany jest do systemu i łączy się ze zdalnym serwerem Flash Media Server.

System działa na podstawie sieci Internet, dzięki czemu, aby połączyć się z systemem, potrzebny jest zwykły komputer z dostępem do Internetu. Może to

być komputer w pracy, w domu bądź nawet komputer przenośny. Aplikacja ma na celu umożliwienie kontaktu wzrokowego rehabilitantowi i pacjentowi, tak aby można było zademonstrować ćwiczenia i kontrolować ich prawidłowe wykonanie. Pacjent widzi i słyszy rehabilitanta, otrzymuje także wskazówki tekstowe.

Pierwszym podziałem, jaki należałoby zastosować podczas analizy struktury dedykowanego systemu informacyjnego, to podział na część kliencką i serwową. Warto zaznaczyć, iż to, co widzi dany użytkownik po podłączeniu się do systemu, to aplikacja kliencka, nie widzi on natomiast procesów odbywających się po stronie serwera, które mimo swojej anonimowości mają fundamentalne znaczenie dla działania całego systemu.

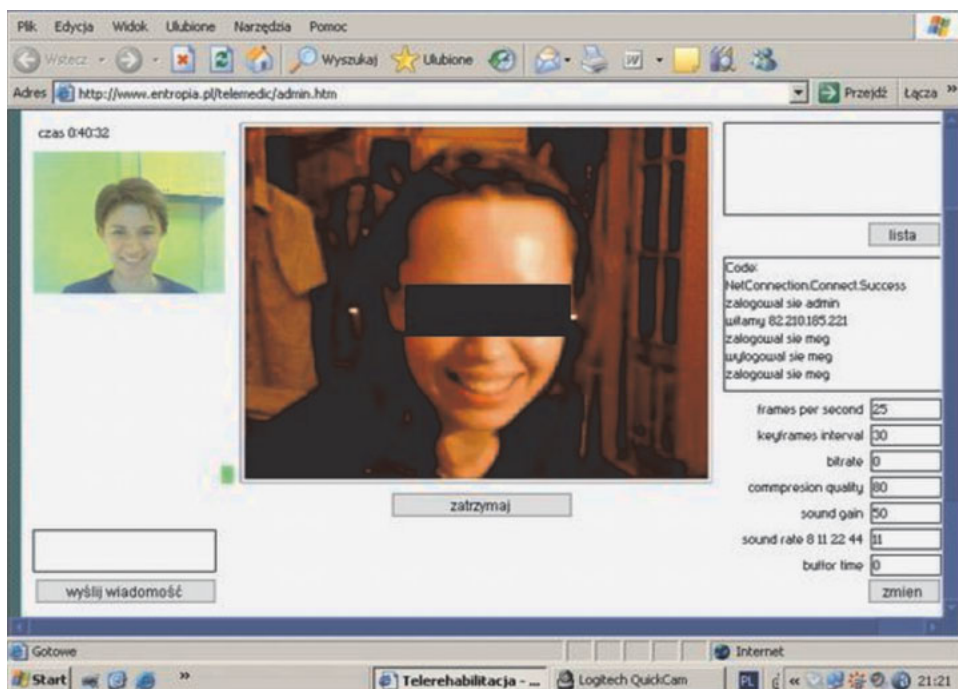


Rys. 5. Schemat systemu telerehabilitacyjnego

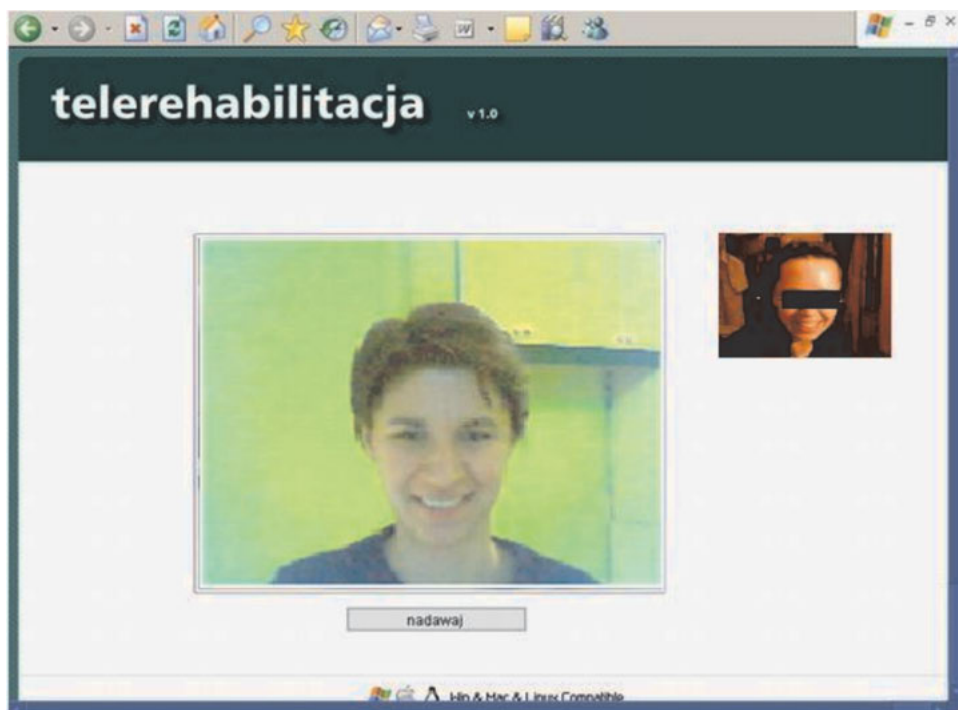
W tym wypadku interesuje nas jednak bardziej strona kliencka. W systemie dla telerehabilitacji obejmuje ona część przeznaczoną dla rehabilitanta i część dla pacjenta (pacjentów). Rehabilitant prowadzi sesję, ma więc większe możliwości sterowania komunikacją, pozostawiając pacjentowi tylko wykonywanie ćwiczeń.

Aplikacja umożliwia obu stronom m.in.:

- Wybór kamery – jeśli do danego komputera są podłączone różne źródła wideo, to nie ma potrzeby zmiany ustawień w systemie.
- Parametry nadawania – w zależności od jakości łącza i proponowanych ćwiczeń można dobrać parametry obrazu, takie jak liczba klatek na sekundę, stopień kompresji, tak aby otrzymać optymalny obraz. Parametry można zmieniać w trakcie połączenia. Aplikacja może działać w układzie „1 na 1” oraz „1 na wielu”. W drugim przypadku rehabilitant na jednym ekranie widzi kilku pacjentów i może decydować, do którego z nich chce się odezwać. Istnieje także możliwość rejestracji obrazu przesyłanego od rehabilitanta i odtwarzania go w pętli, może okazać się to pomocne przy nauce złożonych sekwencji ruchów. Podobna funkcja zapisu ruchu pacjenta może być pomocna przy wskazaniu błędów w wykonywaniu ćwiczeń. Nagrane filmy można odtwarzać obu stronom w późniejszym czasie i w dowolnej prędkości.



Rys. 6. Widok strony rehabilitanta



Rys. 7. Widok strony pacjenta

Aplikacja umożliwia obu stronom m.in. wybór:

- kamery – jeśli do danego komputera są podłączone różne źródła wideo, to nie ma potrzeby zmiany ustawień w systemie;
- parametrów nadawania – w zależności od jakości łącza i proponowanych ćwiczeń można dobrać parametry obrazu, takie jak liczba klatek na sekundę, stopień kompresji, tak aby otrzymać obraz o jakości optymalnej w stosunku do przepustowości łącza. Parametry można zmieniać w trakcie połączenia.

Na zakończenie serii spotkań uczestnicy są proszeni o wypełnienie „Kwestionariusza oceny sesji telerehabilitacyjnej”.

4. Ocena aplikacji telerehabilitacyjnej

Sesje telerehabilitacyjne zostały dobrze ocenione przez uczestników badania. Pacjenci nie zgłaszali istotnych zastrzeżeń do jakości transmitowanego obrazu i dźwięku. Jako niedogodność wymieniali oni wielkość okna aplikacji, które zostało określone jako niedostatecznie duże. Uczestnicy nie mieli trudności ze zrozumieniem poleceń terapeuty. W większości badani ponownie wybraliby taki rodzaj terapii. Zalety dotyczące organizacji czasu rehabilitacji i pełnej indywidualizacji stanowiły też walor telerehabilitacji. Dodatkową zaletą było stałe poświęcanie czasu pacjentowi, bez wychodzenia z gabinetu, w którym pozostawało włączone urządzenie rehabilitacyjne. Wady techniczne dotyczyły opóźnienia transmisji sygnału, łatwe do przezwyciężenia przy zwiększeniu przepustowości łącza pacjenta. Ci jednak zwracali uwagę na brak rzeczywistego, fizycznego kontaktu z terapeutą.

5. Podsumowanie

Istnieje duże zainteresowanie telerehabilitacją, które dotyczy głównie osób w okresie największej aktywności zawodowej. Zainteresowanie to rośnie proporcjonalnie wraz z poziomem wykształcenia (*Postępy...* 2006; *Wasilewska* 2006). Zajęciami telerehabilitacyjnymi obejmuje się głównie osoby mające trudności z dotarciem na zajęcia usprawniające. Próby praktycznego wdrożenia telerehabilitacji potwierdziły możliwość skutecznego przeprowadzenia sesji rehabilitacyjnej z pacjentami poprzez łącze videokonferencyjne – bez zachowania bezpośredniego kontaktu. Aplikacja pomimo drobnych niedosko-

nałości związanych z wielkością okna komunikacyjnego, ale również z powodu ograniczonej szerokości pasma transmisji została dobrze przyjęta i oceniona przez pacjentów. Prowadzenie skutecznych sesji telerehabilitacyjnych wymaga zatem nieco lepszych łącz telekomunikacyjnych. Brak zgłaszanych problemów tego typu przez autorów innych opracowań na ten temat (Maeno, Fujita, Iwatsuki 2004; Russell, Buttrum, Wootton, Jull 2003; Russell, Buttrum, Wootton, Jull 2004; Russell, Jull, Wootton 2003; Russell, Wootton, Jull 2002) wynika ze stosowania profesjonalnych systemów oraz łącz ISDN, których koszty użytkowania w wielogodzinnych sesjach rehabilitacyjnych znacznie przewyższyłyby koszty dojazdu pacjenta na ćwiczenia do odległego zakładu rehabilitacji. Przeprowadzone badania potwierdziły dużą przydatność wykorzystanej aplikacji „System Telerehabilitacja” v.1.0. Trwają prace nad usprawnieniem aplikacji telerehabilitacyjnej celem usunięcia opisywanych niedogodności związanych z jej użytkowaniem. Niedogodności po stronie łącza będzie można przezwyciężyć dzięki poprawie przepustowości łącz, z których korzystają pacjenci. Dla rozwoju telerehabilitacji potrzebne są dalsze prace rozwojowe i badawcze. Powinny one pozwolić na wypracowanie algorytmów i procedur postępowania telerehabilitacyjnego w różnych jednostkach chorobowych.

Literatura

- Franklin D., Makar J., 2004: *FlashMX 2004 ActionScript*. Gliwice: Wydawnictwo Helion.
- Glinkowski W., Mąkosa K., Pawlica S., Marasek K., Górecki A., 2006: *Medical interactive teleeducation via Internet based videoconferencing*. Proceedings of the XI International Conference Medical Informatics & Technology. Piętka E., Łęski J., Franiel S. (eds.), MIT, pp. 254–258.
- Glinkowski W., Górecki A., 2005: *Musculoskeletal telerehabilitation via mobile phone*. Abstracts book of the 3rd International Conference on Telemedicine and Multimedia Communication, October, pp. 21–22 Kajetany, Polska.
- Glinkowski W., Kornacki M., 1996: *Telemedycyna – nowa koncepcja opieki medycznej*. „Acta Biooptica et Informatica Medica”, 2. 3–4: 155–156.
- Glinkowski W., Mąkosa K., Wasilewska M., Marasek K., Górecki A., 2006: *Internet based tele-rehabilitation videoconferencing system*. „Med-e-Tel”, 4.5–7, Luxembourg Abstracts book, 279.
- Glinkowski W., 2006: *Telemedicine and eHealth*. Proceedings of the XI International Conference Medical Informatics & Technology. Piętka E., Łęski J., Franiel S. (eds.), MIT, I – 23–29.
- Glinkowski W., 2005: *Wprowadzenie do telemedycyny*. „Medycyna. Dydaktyka. Wychowanie”, 37, 6: 3–8.
- Hjelm N.M., 2005: *Benefits and drawbacks of telemedicine*. „J Telemed Telecare”, 11(2): 60–70.

- Iwatsuki H., Fujita C., Maeno R., Matsuya A., 2004: *Development of a telerehabilitation system for training physiotherapists in rural areas*. „J Telemed Telecare”, 10 Suppl 1: 51–52.
- Lesser B., 2005 (ed.): *Flash communication server*. O'Reilly Media Inc.
- Maeno R., Fujita C., Iwatsuki H., 2004: *A pilot study of physiotherapy education using videoconferencing*. „J Telemed Telecare”, 10 Suppl 1: 74–75.
- Nakamura K., Takano T., Akao C., 1999: *The effectiveness of videophones in home healthcare for the elderly*. „Med Care”, 37(2): 117–125.
- Postępy międzynarodowej telemedycyny i e-zdrowia*. Glinkowski W. (red.). Warszawa: Medipage.
- Ricker J.H., Rosenthal M., Garay E., DeLuca J., Germain A., Abraham-Fuchs K., Schmidt K.U., 2002: *Telerehabilitation needs: a survey of persons with acquired brain injury*. „J Head Trauma Rehabil”, 17(3): 242–250.
- Rintala D.H., Krouskop T.A., Wright J.V., Garber S.L., Frnka J., Henson H.K., Itani K.M., Gaddis W., Matamoros R., Monga T.N., 2004: *Telerehabilitation for veterans with a lower-limb amputation or ulcer: Technical acceptability of data*. „J Rehabil Res Dev”, 41(3B): 481–490.
- Russell T.G., Wootton R., Jull G.A., 2002: *Physical outcome measurements via the Internet: reliability at two Internet speeds*. „J Telemed Telecare”, 8 Suppl 3: S3: 50–52.
- Russell T.G., Buttrum P., Wootton R., Jull G.A., 2003: *Low-bandwidth telerehabilitation for patients who have undergone total knee replacement: preliminary results*. „J Telemed Telecare”, 9 Suppl 2: S44–47.
- Russell T.G., Buttrum P., Wootton R., Jull G.A., 2004: *Rehabilitation after total knee replacement via low-bandwidth telemedicine: the patient and therapist experience*. „J Telemed Telecare”, 10 Suppl 1: 85–87.
- Russell T.G., Jull G.A., Wootton R., 2003: *The diagnostic reliability of Internet-based observational kinematic gait analysis*. „J Telemed Telecare”, 9 Suppl 2: S48–51.
- Wasilewska M., 2006: *Uwarunkowania i możliwości praktycznego wykorzystania telerehabilitacji*. Akademia Medyczna w Warszawie, II Wydział Lekarski, Oddział Fizjoterapii. [Praca magisterska]. Warszawa.
- Wong Y.K., Hui E., Woo J., 2005: *A community-based exercise programme for older persons with knee pain using telemedicine*. „J Telemed Telecare”, 11(6): 310–315.

R o z d z i a ł 2

ZASTOSOWANIE NOWOCZESNYCH ROZWIĄZAŃ TELEINFORMATYCZNYCH W DIAGNOSTYCE PACJENTÓW Z URAZAMI WIELONARZĄDOWYMI

Artur Wojciechowski, Wojciech Glinkowski, Marek Gołębiowski,
Andrzej Górecki

Streszczenie: Decyzje o sposobie leczenia pacjentów z urazami wielonarządowymi podejmowane są w wielu przypadkach na podstawie wyników badań obrazowych. Leczenie ma charakter wielospecjalistyczny. Krytyczne znaczenie dla procesu leczenia ma szybki dostęp do wyników badań obrazowych i samych obrazów. Najnowsze rozwiązania telekomunikacyjne pozwalają na znaczne skrócenie czasu pomiędzy obrazowaniem, interpretacją zdjęć i konsultacją. Wykorzystywane we współczesnej diagnostyce wielorządowe tomografy komputerowe generują dużą liczbę zdjęć wyjściowych – jedno badanie może składać się z kilkuset obrazów. Lekarze biorący udział w leczeniu wymagają szybkiego dostępu do tych danych. W Polsce wiele szpitali nie jest wyposażonych w zintegrowane systemy informatyczne.

Słowa kluczowe: rozwiązania telekomunikacyjne, diagnostyka pacjentów, urazy wielonarządowe, wyniki badań obrazowych, dostęp do danych

Abstract: The clinical decision-making and treatment selection in the case of politraumatized patients are usually based on the results of imaging diagnostic procedures. An interdisciplinary clinical team is responsible for the most accurate management. Quick access to diagnostic images is vital for the proper timing of the treatment process. Cutting-edge telecommunication solutions allow a significant time reduction in the data access, imaging procedure, the interpretation of images and finally, clinical consultation. Multidetector row computed tomography currently used produces a high number of output images and large files for archiving. The interdisciplinary team can utilize fast transmission of selected, most informative images crucial for emergency pro-

cedures in the operating room (OR). The images selected by an experienced radiologist are transmitted as soon as possible to reach surgeon's portable device. The described solution can be implemented during the transitional period until the optimized Hospital Information System and Radiology Information System are fully operating and integrated in the facility. The simplified imaging data flow may be considered sufficient only in the hospital environment without picture archiving and communication system (PACS), which is still the case in many hospitals in Poland.

Keywords: telecommunication solutions, politraumatized patients, clinical decision-making, diagnostic images, imaging data flow

1. Wprowadzenie

W ostatnich latach obserwujemy burzliwy rozwój technologiczny telefonii komórkowej. Pierwsze telefony komórkowe wyposażone były w podstawowe dodatkowe aplikacje – kalkulator, budzik, książkę adresową. Pierwsza wiadomość tekstowa (SMS) została wysłana w 1992 roku w sieci Vodafone. Producenci i operatorzy telefonii komórkowej starają się zainteresować użytkowników nowymi technologiami w celu podniesienia sprzedaży swoich usług. Oprócz połączeń głosowych użytkownicy zachęcani są do korzystania z dodatkowych usług – wiadomości tekstowych (SMS), wiadomości graficznych (MMS), przesyłania wiadomości multimedialnych – MMS-ów z komentarzem od nadawcy lub inicjowania połączeń wideo. W chwili obecnej praktycznie wszyscy pracownicy służby zdrowia posiadają telefony komórkowe. Niektóre z nich mają wbudowane aparaty fotograficzne i są przystosowane do nadawania i odbierania wiadomości graficznych. Zarówno radiolodzy, jak i ortopedzi posługują się w swojej pracy różnego rodzaju informacjami w postaci graficznej – zdjęciami rtg, zdjęciami z badań CT, MR, USG. W przeważającej większości szpitali w Polsce brak jest jednak zintegrowanych rozwiązań informatycznych umożliwiających dostęp specjalistom z różnych oddziałów do dokumentacji medycznej, w tym badań obrazowych. Wspólne podejmowanie decyzji w trybie dyżurowym lub omawianie pacjentów planowych wymaga przygotowania dokumentacji zdjęciowej i dostarczenia jej w odpowiednie miejsce. Jest to procedura czasochłonna. Szybkie podejmowanie trafnych decyzji diagnostycznych i terapeutycznych jest szczególnie ważne w postępowaniu z pacjentami po urazach. Telefonii komórkowa pozwala na przesyłanie obrazów na kilka sposobów w zależności od możliwości sprzętowych poszczególnych osób biorących udział w konsultacji pacjentów.

2. Idea

Celem pracy była ocena przydatności przenośnych komputerów (PDA) w codziennej praktyce klinicznej oraz w warunkach dyżurowych.

3. Materiał, metoda

Do przesyłania obrazów pomiędzy członkami zespołu wykorzystywaliśmy PDA typu QTEC 2020 wyposażone w technologię GPRS, UMTS oraz mające dostęp do Internetu telefony Sony Ericsson K600I (SEK600I), umożliwiające przeprowadzanie telekonferencji. Obrazy przesyłane były w formie MMS-ów pomiędzy telefonami – 50 obrazów oraz MMS-ów na konta e-mail – 40 obrazów. Obrazy uzyskiwane były poprzez wykonywanie zdjęć aparatem cyfrowym wbudowanym w telefon, przeniesienie plików z obrazami z urządzeń diagnostycznych na komputer, a następnie do testowanych przez nas aparatów.

Ocenie poddano czas transmisji, jakość przesyłanych obrazów. Wykorzystując telefony Sony Ericsson, przeprowadziliśmy 30-minutową telekonferencję (Xu, Yamauchi, Ikeda, Yang, Hasegawa 1999). W jej czasie uczestnicy, korzystając z kamer wbudowanych w telefony, przesyłali obrazy rentgenogramów z negatospotu, wyświetlanych na ekranach ciekłokrystalicznych (LCD) i monitorów katodowych (CRT).

4. Wyniki

Wszystkie spośród 50 MMS-ów wysłanych pomiędzy aparatem QTEC 2020 a SEK600I dotarły do adresata. Edycja i wysyłka pojedynczego MMS-a zajmowała ok. jednej minuty. Czas przesyłu MMS-a w sieci operatora komórkowego był zawsze mniejszy niż jedna minuta. Spośród 40 MMS-ów, wysłanych z aparatu QTEC na konto internetowe jednego z konsultantów, do odbiorcy dotarło 36. Jakość wystarczającą do oceny zdjęć miało 46 MMS-ów (92%).

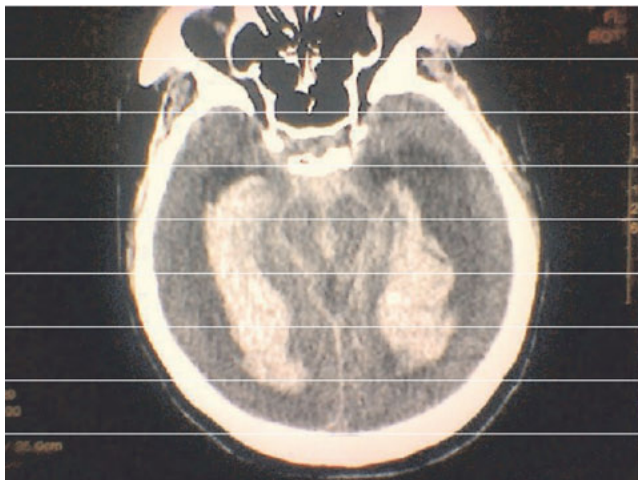
5. Dyskusja

Zastosowanie urządzeń przenośnych pozwala na skrócenie czasu potrzebnego na konsultację i podjęcie działań leczniczych (Flanders, Wiggins, G o z u m 2003; Y a m a m o t o 1995). Szybkie wdrożenie właściwego leczenia jest niezmiernie istotne u pacjentów z urazami wielonarządowymi. Uszkodzenia w obrębie ważnych życiowo narządów mogą w krótkim czasie doprowadzić do śmierci pacjenta. O powodzeniu leczenia, a tym samym utrzymania pacjenta przy życiu, decydują często minuty. Najczęstszym badaniem wykonywanym u pacjentów z urazami wielonarządowymi jest tomografia komputerowa. Współczesne, wielorzędowe, spiralne tomografy komputerowe pozwalają na uzyskanie obrazów przekrojów poprzecznych ciała pacjenta o grubości warstwy ok. 1 mm. Na podstawie obrazów w płaszczyźnie poprzecznej wykonywane są następnie rekonstrukcje w innych płaszczyznach oraz rekonstrukcje objętościowe. Liczba wyjściowych obrazów w płaszczyźnie poprzecznej może dochodzić do kilkuset. W celu uzyskania szybkiej konsultacji ważne jest przesłanie najbardziej istotnych – zdaniem opisującego – przekrojów, w późniejszej fazie można przesłać całe badanie do konsultacji. Urządzenia mogą być wykorzystywane w przekazywaniu wybranych obrazów, znacznie skracając czas koniecznego do wdrożenia stosownego postępowania (K o n d o 2002; R e p o n e n, I l k k o, J y r k i n e n 1998; Y a m a d a, W a t a r a i, A n d o u, S a k a i 2003).

Wykorzystując urządzenia przenośne, napotykalismy jednak różne utrudnienia. Podstawowe ograniczenie metody stanowi dostępność sprzętu – telefonów komórkowych lub przenośnych komputerów z wbudowanymi wyświetlaczami o odpowiednio wysokiej rozdzielczości oraz dodatkowe koszty, jakie należy ponieść, korzystając z rozszerzonych usług telekomunikacyjnych.

Zarejestrowany czas transmisji wiadomości graficznych – ok. jednej minuty – dotyczył transmisji wykonywanych w szczycie i poza szczytem oraz w dni świąteczne. Należy jednak pamiętać o znacznym wzroście popytu na usługi teleinformatyczne w okresie świąt Bożego Narodzenia i Sylwestra oraz Nowego Roku. W tym czasie często dochodzi do znacznego przeciążenia sieci i braku możliwości szybkiego przesyłu danych.

100% MMS-ów wysyłanych w sieci operatora docierało do odbiorcy. W przypadku MMS-ów wysyłanych na konto internetowe konsultanta do odbiorcy dotarło 90% wysyłanych obrazów. Przygotowując wiadomość tego typu w celu odbycia konsultacji, zawsze wybieramy najbardziej – naszym zdaniem – istotne obrazy z całej serii, z których każdy może mieć krytyczne znaczenie dla wyniku konsultacji (Y a m a m o t o, W i l l i a m s 2000), z tego względu też utrata obrazów nie powinna wystąpić i zalecane jest powiadomienie odbiorcy SMS-em o liczbie wysłanych obrazów.



Rys. 1. Stan po urazie wielonarządowym: poszerzenie komór bocznych, w ich obrębie widoczna świeża krew

Inicjowanie połączeń o typie wideo możliwe jest jedynie na obszarze w zasięgu usług 3G, w Warszawie ograniczone do centrum miasta i wybranych obszarów w pozostałych częściach miasta.

Kolejny problem stanowi narzucone przez operatora sieci ograniczenie wielkości wiadomości MMS – dla QTECa – 100 k. Większość obrazów generowanych przez urządzenia diagnostyczne ma rozmiar większy niż 100 k. Wykorzystywany przez nas QTEC nie ma oprogramowania pozwalającego na dokonanie kompresji obrazu. Należy ją więc wykonać w komputerze, na który przenosimy obraz z urządzenia diagnostycznego. Wydłuża to niestety czas przygotowania informacji. Innym sposobem rozwiązania tego problemu jest wykonywanie zdjęć kamerą wbudowaną w telefon bezpośrednio z ekranu urządzenia diagnostycznego pod warunkiem, że jest ono wyposażone w monitor ciekłokrystaliczny. Wykonywanie zdjęć bezpośrednio z monitora kineskopowego lub negatoskopu obarczone jest znacznymi artefaktami związanymi z cyklem odświeżania monitora lub cyklem pracy świetlówek w przypadku negatoskopów, które powodują powstawanie pasmowatych artefaktów uniemożliwiających wykonanie dobrego technicznie zdjęcia. Problem ten można ominąć, stosując do ucyfrowienia obrazów cyfrowy aparat fotograficzny. Zmieniając warunki ekspozycji, można wyeliminować te artefakty. Niestety, wprowadzenie etapu pośredniego wydłuża procedurę o kilka minut.

Przy podjęciu próby stworzenia wspólnej platformy diagnostycznej zasadne jest wyposażenie wszystkich osób biorących w niej udział w jednolity sprzęt (Busch, Barbars, Wei i in. 2004). Preferowane są urządzenia wyposażone w jak największe wyświetlacze, pozwalające na ocenę zdjęć. Przygotowując obrazy do wysyłki, należy unikać znacznego kontrastu pomiędzy poszczególnymi elementami obrazu. Znacznie utrudnia to interpretację obrazów na urządzeniach wyposażonych w niewielkie wyświetlacze, jasne punkty obrazu

znacznie dominują nad pozostałymi. Jakość uzyskiwanych obrazów można poprawić, zmieniając warunki oświetlenia w pomieszczeniu, w którym wykonujemy zdjęcia aparatem wbudowanym w telefon, lub zmieniając kąt ekspozycji względem ekranu, co pozwala na uniknięcie odbić na powierzchni ekranu z dodatkowych źródeł światła.



Rys. 2. Złamanie trzonu TH12, widoczne wpuklanie się fragmentu kostnego do kanału kręgowego

Urządzenia przenośne umożliwiają dostęp do zasobów Internetu – w tym do medycznych baz danych, słowników, spisów leków. Stanowią one element wspomagający postawienie rozpoznania i leczenie. Użytkownicy urządzeń przenośnych nie muszą poszukiwać w czasie dyżuru stanowisk komputerowych z dostępem do Internetu, mogą korzystać z tych programów na żądanie. W niektórych ośrodkach urządzenia przenośne posiadane przez lekarzy są rozpoznawane przez system informatyczny szpitala i w zależności od stopnia autoryzacji użytkownika pozwalają na dostęp do dokumentacji medycznej, wyników badań dodatkowych i obrazowych (Raman B., Raman R., Raman L., Beaulieu 2004). Wyniki te mogą być wyświetlane przez użytkownika na rozmieszczonych na terenie szpitala monitorach ciekłokrystalicznych (Ratib, McCoy, McGill, Li, Brown 2003). Wielkość i rozdzielczość ekranu ma szczególne znaczenie w ocenie badań radiologicznych. Wykorzystywane przez nas urządzenia mają niewielką zdolność rozdzielczą – QTEK 240/320 pikseli, a SE K600I 176/220 pikseli.

Zastosowanie urządzeń przenośnych w radiologii, ortopedii i traumatologii znacząco skraca czas potrzebny do przeprowadzenia konsultacji, eliminuje etap przenoszenia materiału zdjęciowego przez personel pomocniczy. Pozwala także na dokonanie wstępnej oceny nadesłanego materiału (Reponen, Ilkko, Jyrkinen 2000).

Literatura

- Busch J.M., Barbaras L., Wei J., Nishino M., Yam C.S., Hatabu H., 2004: *A mobile solution: PDA-based platform for radiology information management*. „Am J Roentgenology”, 183, 237–242.
- Flanders A.E., Wiggins R.H. III, Gozum M.E., 2003: *Handheld computers in radiology*. „Radiographics”, 23: 1035–1047.
- Kondo Y., 2002: *Medical image transfer for emergency care utilizing Internet and mobile phone*. „Nippon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi”, 58: 1393–1401.
- Raman B., Raman R., Raman L., Beaulieu C.F., 2004: *Radiology on handheld devices: image display, manipulation and PACS integration issues*. „Radiographics”, 24, 299–310.
- Ratib O., McCoy J.M., McGill D.R., Li M., Brown A., 2003: *Use of personal digital assistants for retrieval of medical images and data on high-resolution flat panel displays*. „RadioGraphics”, 23: 267–272.
- Reponen J., Ilkko E., Jyrkinen L. i in., 1998: *Digital wireless radiology consultations with a portable computer*. „J Telemed Telecare”, 4: 201–205.
- Reponen J., Ilkko E., Jyrkinen L. i in., 2000: *Initial experience with a wireless personal digital assistant as a teleradiology terminal for reporting emergency computerized tomography scans*. „J Telemed Telecare”, 6: 45–49.
- Xu Z., Yamauchi K., Ikeda M., Yang S., Hasegawa Y., 1999: *Evaluation of a PC-based teleconferencing system for reading chest radiographs*. „J Telemed Telecare”, 5: 122–125.
- Yamada M., Watarai H., Andou T., Sakai N., 2003: *Emergency image transfer system through a mobile telephone in Japan: technical note*. „Neurosurgery”, 53: 986–990.
- Yamamoto L.G., 1995: *Wireless teleradiology and fax using cellular phones and notebook PCs for instant access to consultants*. „Am J Emerg Med”, 13: 184–187.
- Yamamoto L.G., Williams D.R., 2000: *A demonstration of instant pocket wireless CT teleradiology to facilitate stat neurosurgical consultation and future telemedicine implications*. „Am J Emerg Med”, 18: 423–426.

R o z d z i a ł 3

WSPOMAGANE KOMPUTEROWO PLANOWANIE ZABIEGÓW ORAZ NAWIGACJA ŚRÓDOPERACYJNA W CHIRURGII TWARZOWO-SZCZĘKOWEJ

Zdzisław Król, Jonas Chapuis, Frank Langlotz,
Hans-Florian Zeilhofer, Katja Schwenzer-Zimmerer

Streszczenie: W niniejszej pracy prezentujemy nową metodę komputerowego wspomagania planowania zabiegów oraz użycia medycznego systemu nawigacyjnego w chirurgii twarzowo-szczękowej. Cały proces planowania operacji oraz poszczególne etapy śródoperacyjnej nawigacji opisujemy na podstawie dwóch zabiegów wykonanych w naszej klinice: korekcji położenia kości jarzmowej, zrośniętej nieprawidłowo po złamaniu w wyniku upadku, oraz obustronnej rekonstrukcji dna oczodołu w skomplikowanym zabiegu chirurgicznym pacjenta z cherubizmem. Staraliśmy się skupić na nowych elementach naszego podejścia związanych ściśle z wykorzystaniem systemu nawigacyjnego i nowoczesnych technik komputerowych do wspomaganie i ulepszenia tradycyjnych technik zabiegowych. Liczne ilustracje pozwalają lepiej zrozumieć skomplikowane zależności w naszym podejściu pomiędzy technicznymi składowymi systemu, oprogramowaniem oraz kolejnymi fazami zabiegu. Pierwsze obserwacje i wyniki operacji wspomaganych naszym systemem pokazują, że opisane powyżej podejście pozwala lepiej i efektywniej zaplanować zabieg chirurgiczny oraz przeprowadzić go dokładniej i szybciej.

Słowa kluczowe: wspomaganie komputerowe, planowanie zabiegów, nawigacja śródoperacyjna, chirurgia twarzowo-szczękowa

Abstract: We present a new methodology for computer-aided surgery planning and for navigation-aided surgical treatments in the reconstructive craniofacial surgery. The whole preoperative planning process and the intra-operative navigation oriented issues are described and discussed using two surgical cases: the zygomatic bone repositioning after solidification of an untreated

dislocated fracture of the orbital zygomatic complex and the navigated orbit reconstruction in a complex maxillofacial surgical treatment of cherubism. We have focused our attention on the new navigation oriented aspects and procedures which facilitate and enhance the traditional treatment techniques. Many illustrations let better understand the complex technical dependencies between the main elements of this approach. The first observations and results demonstrate that the described methodology brings strong added value to the surgical practice by allowing more precise planning and performing of the surgical procedure, as well as by reducing intra-operative time.

Keywords: computer-aided surgery planning, intra-operative navigation, the craniofacial surgery

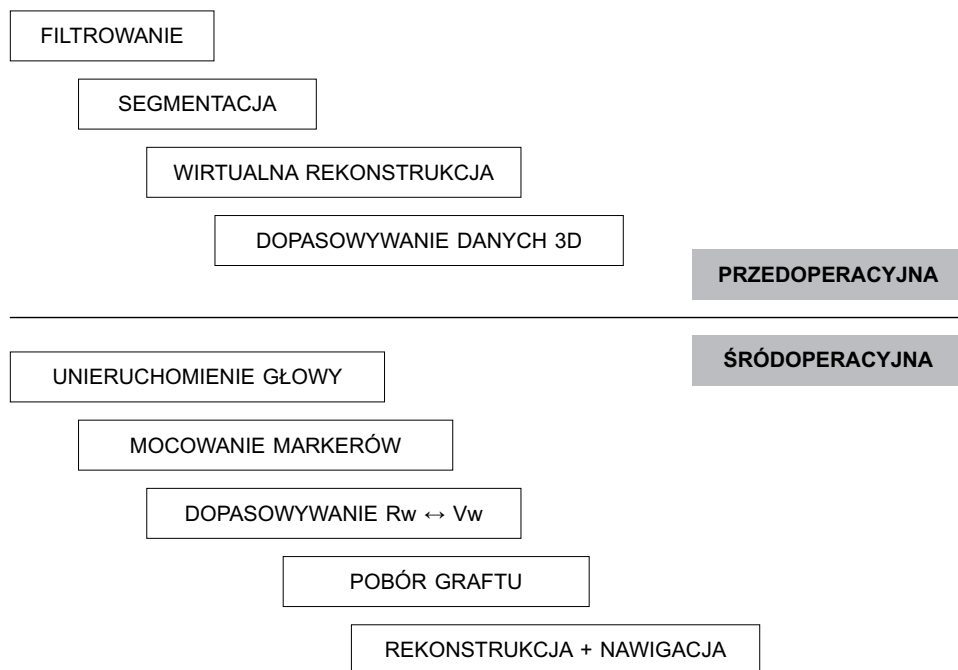
1. Wprowadzenie

Dzięki znacznemu postępowi w dziedzinie metod obrazowania medycznego, jak również dzięki rozwojowi medycznych systemów nawigacyjnych nastąpiła przyspieszona ewolucja metod komputerowego planowania oraz wspomagania zabiegów chirurgicznych w chirurgii twarzowo-szczękowej. Metody te pozwalają obecnie na dużo bardziej dokładne określenie granic skupisk komórek rakowych, linii resekcji, kształtów transplantatów i implantatów niż te, które były do dyspozycji lekarzy jeszcze niewiele lat temu. Rozwinięte w HFZ Basel oprogramowanie do planowania operacji chirurgicznych wraz z systemem do planowania zabiegów oraz nawigacji dla chirurgii twarzowo-szczękowej zaimplementowanym w Maurice-Müller-Institute na uniwersytecie w Bernie zostało z powodzeniem zastosowane do planowania oraz śródoperacyjnej nawigacji przy ponad 4 skomplikowanych operacjach z tej dziedziny chirurgii w klinice uniwersyteckiej w Bazylei. W niniejszej pracy przedstawiamy metodologię planowania oraz wykonywania zabiegów w chirurgii twarzowo-szczękowej z użyciem optycznego systemu nawigacyjnego. To nowatorskie podejście chcielibyśmy zaprezentować i wyjaśnić na przykładzie dwóch przypadków z naszej kliniki:

przypadek 1 – korekcja położenia kości jarzmowej, zrośniętej nieprawidłowo po złamaniu w wyniku upadku u 24-letniego mężczyzny,

przypadek 2 – obustronna rekonstrukcja dna oczodołu w skomplikowanym zabiegu chirurgicznym 12-letniego chłopca z cherubizmem.

Naszą metodę dzielimy na dwie fazy (zob. rys. 1). W pierwszej fazie odbywa się wspomagane komputerowo planowanie operacji na podstawie uzyskanych badań tomograficznych pacjenta, np. tomografii komputerowej (CT) i/lub metody rezonansu magnetycznego (MR). Wygenerowany na podstawie tych badań wirtualny model pacjenta oraz zdefiniowane numerycznie cele zabiegu są następnie użyte w drugiej fazie przedsięwzięcia, która odbywa się w sali operacyjnej (Chlebiej, Król, Mikołajczak 2003).



Rys. 1. Dwie fazy (przedoperacyjna oraz śródoperacyjna) nowej wspomaganej komputerowo metody planowania oraz wykonywania zabiegów w chirurgii twarzowo-szczękowej

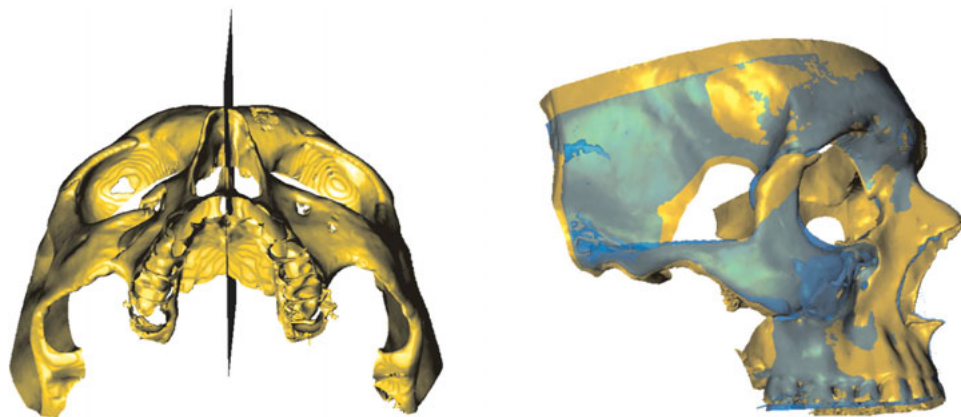
2. Wspomagane komputerowo planowanie zabiegów chirurgicznych

Wspomagane komputerowo planowanie zabiegu chirurgicznego jest konieczne po to, aby zdefiniować jego cele oraz kryteria wykonania zgodnie z wymogami nie tylko sztuki lekarskiej, lecz również użytej technologii. Ponieważ nasza metoda opiera się na systemach obliczeniowych, musimy sformułować cele zabiegu również w numeryczny i ilościowy sposób. W większości przypadków proces planowania odbywa się dzięki wykorzystaniu będących do dyspozycji danych tomografii komputerowej pacjenta. Wstępne przygotowanie i dalsze bardziej zaawansowane przetwarzanie danych CT obejmuje głównie ich segmentację, dopasowywanie do innych komplementarnych zbiorów danych tomograficznych, jak np. MR (jeśli są do dyspozycji) w celu dokładniejszego określenia cech geometrycznych obszaru zainteresowania, np. guza lub raka tkanek miękkich infiltrującego sąsiednie struktury kostne, czy też nieprawidłowo zrośniętej kości. Nieodzownym elementem tego etapu jest efektywna wizualizacja obszaru zainteresowania w kontekście sąsiednich struktur anatomicznych (G o n z a l e z,

Woods 2002; Lehmann, Oberschelp, Pelikan, Repges 1997). W chirurgii twarzowo-szczękowej kluczowym celem etapu planowania jest zrekonstruowanie i wygenerowanie dokładnego wirtualnego modelu struktur kostnych pacjenta.

2.1. Przypadek 1

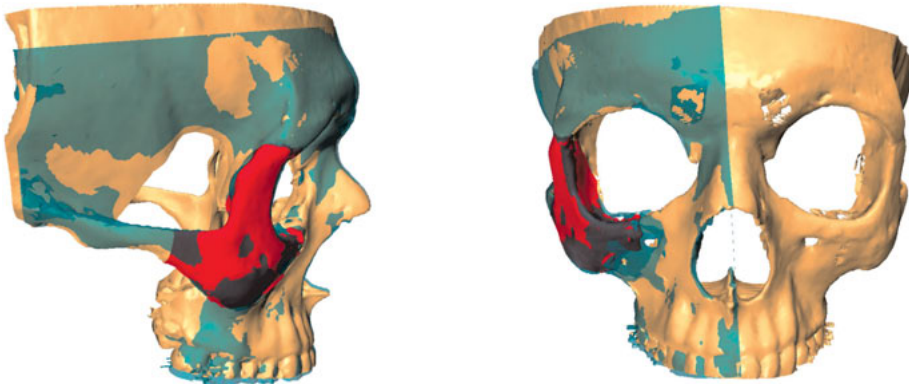
W przypadku 1. normalna geometria twarzowych struktur kostnych pacjenta została zaburzona i naszym celem jest rekonstrukcja prawidłowej anatomii poprzez przemieszczenie kości jarzmowej do anatomicznie optymalnej pozycji. Aby zdefiniować indywidualną dla pacjenta i anatomicznie prawidłową pozycję nieprawidłowo zrosniętej kości jarzmowej, wykonujemy odbicie zwierciadlane zdrowej prawej strony twarzo-czaszki pacjenta (zob. rys. 2). Dopasowanie odbitej zdrowej strony do struktur kostnych otaczających defekt (tzn. prawą kość jarzmową) pozwala nam zdefiniować jej docelową pozycję (zob. rys. 2 *prawy*).



Rys. 2. Przypadek 1: 24-letni mężczyzna z nieprawidłowo zrosniętą prawą kością jarzmową. Żółta powierzchnia oznacza wyjściową geometrię twarzo-czaszki pacjenta, niebieska półprzezroczysta powierzchnia jest odbiciem zwierciadlanym lewej zdrowej strony twarzo-czaszki dopasowaną do otoczenia defektu. Można zaobserwować nieprawidłowe odchylenie prawej kości jarzmowej od jej normalnego położenia

Na rysunku 3 widzimy rezultat dopasowania nieprawidłowo zrosniętej prawej kości jarzmowej (koloru czerwonego) do docelowego położenia zdefiniowanego przez pozycję odbitej symetrycznie zdrowej kości jarzmowej (kolor zielony). Kość jarzmowa zaznaczona na czerwono jest teraz w prawidłowym

położeniu i definiuje docelowe anatomicznie optymalne położenie prawej kości jarzmowej pacjenta. Możemy zaobserwować symetryczne położenie obu kości jarzmowych po tej wirtualnej rekonstrukcji defektu. Metoda ta pozwala również obliczyć matematyczną transformację potrzebną do przywrócenia prawidłowej pozycji prawej kości jarzmowej. W następnej fazie zadaniem chirurga będzie umieszczenie prawej kości jarzmowej z pomocą systemu nawigacyjnego w obliczonej docelowej pozycji.



Rys. 3. Celem zabiegu chirurgicznego jest umieszczenie nieprawidłowo zrośniętej prawej kości jarzmowej w anatomicznie prawidłowej pozycji i przywrócenie symetrii twarzy. Zielona półprzezroczysta powierzchnia jest odbiciem zwierciadlanym zdrowej lewej części i jest dopasowana do struktur kostnych otaczających defekt. Definiuje przez to docelową pozycję dla prawej kości jarzmowej. Czerwona powierzchnia pokazuje dopasowaną numerycznie powierzchnię defektu do obliczonej docelowej powierzchni

2.2. Przypadek 2

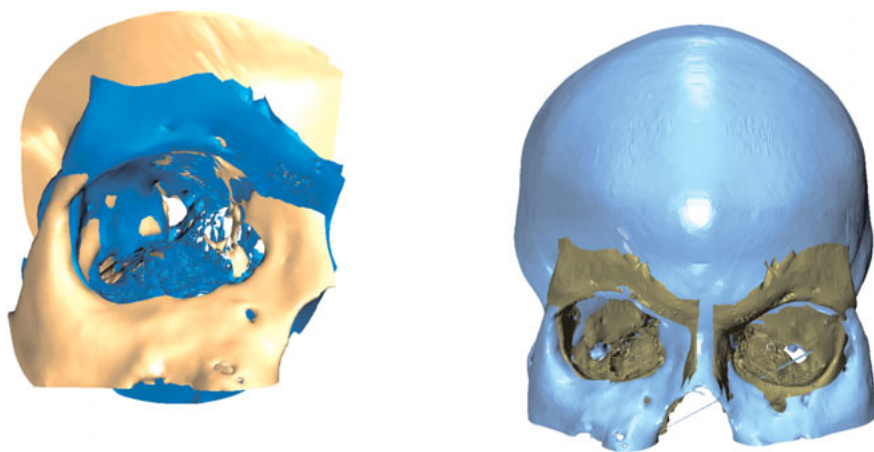
W przypadku 2. cherubizm u 12-letniego chłopca spowodował deformację kości szczękowych i deformację oczodołów oraz dodatkowo w okolicy górnej szczęki został zdiagnozowany guz. Oprócz usunięcia guza, rekonstrukcji szczęki górnej wraz z uzębieniem celem użycia systemu nawigacyjnego w tym przypadku będzie rekonstrukcja obu oczodołów.

Po wygenerowaniu wirtualnego modelu pacjenta na podstawie danych CT (zob. rys. 4) kluczowym problemem etapu planowania zabiegu było zdefiniowanie nowych powierzchni dna oczodołu dla obu stron, które miały zostać zrekonstruowane przy użyciu przeszczepów kości autogennej (pochodzących z własnego materiału kostnego pacjenta). Przeszczepy miały zostać pobrane z tylnej powierzchni czaszki pacjenta (zob. rys. 12 lewy). Centralnym problemem tego rekonstruktywnego zabiegu było znalezienie prawidłowej pozycji odpowiednio



Rys. 4. Przypadek 2: 12-letni chłopiec z rozległą deformacją obu szczęk spowodowaną przez cherubizm. Dodatkowo został odkryty guz w rejonie górnej szczęki (zielony)

wymodelowanych przeszczepów mających zrekonstruować brakujące dna oczodołów (zob. rys. 5). Nowe powierzchnie do rekonstrukcji zostały wygenerowane na podstawie danych CT młodych pacjentów posiadających jak najbardziej podobną, ale niezaburzoną anatomię w obszarze zainteresowania.



Rys. 5. Nowe powierzchnie do rekonstrukcji dna oczodołu zostały wygenerowane na podstawie danych CT młodych pacjentów posiadających jak najbardziej podobną, ale niezaburzoną anatomię w obszarze zainteresowania. Poprzez odpowiednie skalowanie wybranego zbioru danych CT oraz dopasowywanie komplementarnych powierzchni, jak również punktów charakterystycznych, zostały zdefiniowane wirtualnie docelowe dna oczodołów

3. Nawigacja śródoperacyjna

3.1. Przypadek 1

Dla przypadku 1. następnym krokiem w komputerowym wspomaganiu zabiegu chirurgicznego jest użycie wygenerowanych w poprzedniej fazie wirtualnych modeli anatomicznych pacjenta do precyzyjnego umieszczenia kości jarzmowej w zaplanowanym położeniu w realiach sali operacyjnej. Na rys. 6 zostały pokazane elementy składowe systemu nawigacyjnego używanego w opisanych w tej pracy zabiegach chirurgicznych. Nasz system nawigacyjny składa się ze standardowego medycznego systemu nawigacji chirurgicznej (Polaris, Northern Digital Inc. (ndigital)), w którego skład wchodzi: jednostka sterująca, kamery śledzące, wskaźnik z markerami, zbiór różnych typów markerów DRB (Dynamic Reference Base) (zob. rys. 6). Nową składową, która wyróżnia ten system spośród innych tego rodzaju, jest bardzo zaawansowane oprogramowanie nawigacyjne (Chapuis 2006) (zaimplementowane w MEM Research Center, Institute for Surgical Technology and Biomechanics, University of Bern), które wykorzystuje wirtualne anatomiczne modele pacjenta wygenerowane w poprzedniej fazie. Wraz z wyżej wymienionym sprzętem umożliwia to chirurgowi nawigowanie podczas zabiegu zarówno w rzeczywistym środowisku sali operacyjnej, jak również w wirtualnym, wygenerowanym podczas fazy planowania.



Rys. 6. Elementy składowe systemu nawigacyjnego używanego w opisanych zabiegach chirurgicznych

Podczas rekonstrukcji prawidłowego położenia kości jarzmowej pracowaliśmy z dwoma anatomicznymi obiektami, które były śledzone przez system: czaszką pacjenta i jego kością jarzmową. Markery przymocowane do obiektów anatomicznych i do narzędzi są śledzone przez dwie kamery CCD sensora pozycyjnego (*position sensor*) (zob. rys. 6), pozycja markera w polu operacyjnym jest dzięki temu obliczana w czasie rzeczywistym.



Rys. 7. Markery (Dynamic Reference Base (DRB)) przymocowane do unieruchomionej za pomocą Mayfield frame głowy pacjenta (lewa strona) oraz do prawej kości jarzmowej za pomocą Kirschner wires (czerwone umocowanie markerów po prawej stronie)

Markery czaszki są na sztywno przymocowane do unieruchomionej za pomocą Mayfield frame głowy pacjenta (zob. rys. 7). Markery kości jarzmowej zostały do niej przymocowane dzięki Kirschner wires (zob. rys. 7). Dodatkowo, wskaźnik (pointer) posiada również markery, które są śledzone jak wszystkie pozostałe, umożliwiają one precyzyjne określenie jego pozycji i orientacji.

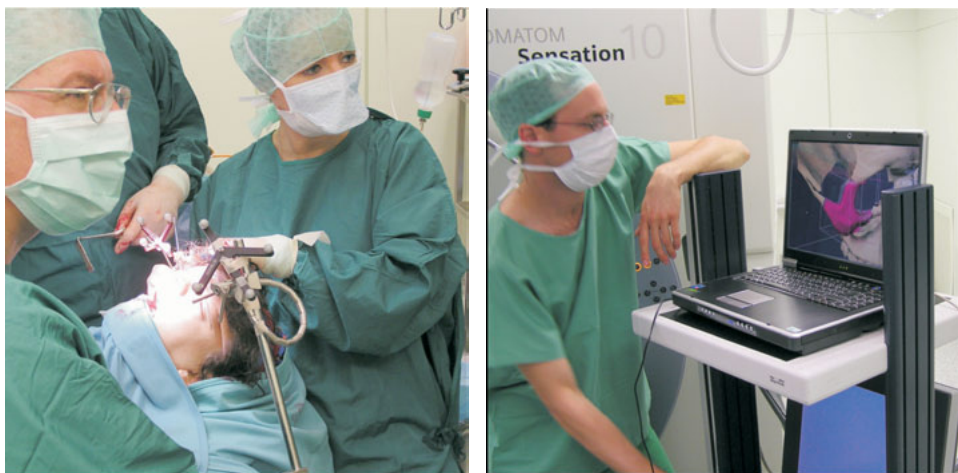
Dopasowanie wirtualnej reprezentacji czaszki pacjenta (wygenerowanej przed operacją w fazie planowania) jako wirtualna powierzchnia do realnej czaszki pacjenta w sali operacyjnej wymaga dwóch kroków dopasowujących. Pierwszy używa do dopasowania rzeczywistej $\mathbf{R}_w$ i wirtualnej instancji $\mathbf{V}_w$ paru (> 3) łatwych do znalezienia i do wskazania (za pomocą wskaźnika) na powierzchni twarzo-czaszki anatomicznych punktów charakterystycznych. Na rys. 8 pokazano definiowanie i wczytywanie pozycji tychże punktów na czaszce pacjenta (rys. 8 lewy) oraz na wirtualnym modelu czaszki pacjenta (rys. 8 prawy, pokazany na monitorze). To pierwsze dopasowanie pozwala jedynie na mało precyzyjne dopasowanie obu instancji. W drugim kroku został użyty bardziej zaawansowany sposób dopasowywania dwóch instancji pacjenta, mianowicie algorytm ICP (Iterative Closest Point) (Besl, McKay 1992). Poprzez wielo-



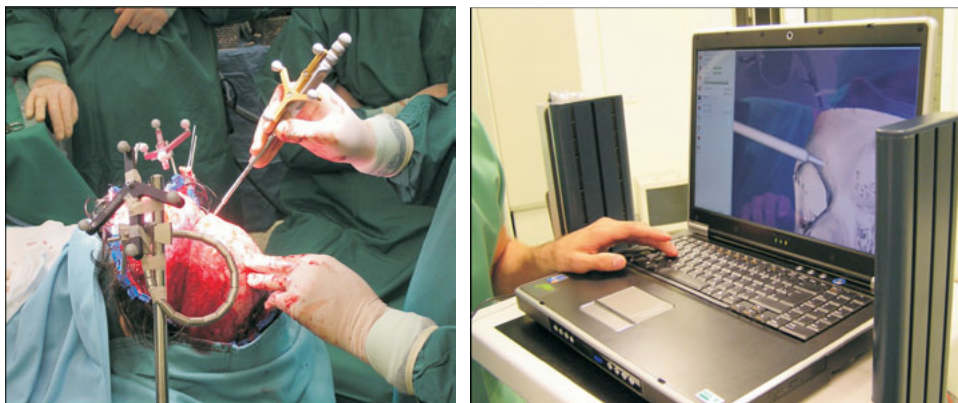
Rys. 8. Dopasowywanie danych przedoperacyjnych (instancja wirtualna V_w) do danych rzeczywistych (instancja rzeczywista R_w) przy użyciu najpierw anatomicznych punktów charakterystycznych (wstępne dopasowanie), a następnie algorytmu ICP [2] (dokładne dopasowanie)

krotne próbkowanie powierzchni czaszki za pomocą wskaźnika możemy dostarczyć dużej liczby punktów, które są następnie dopasowywane do powierzchni wirtualnej czaszki. Dzięki temu jakość dopasowania wzrasta wielokrotnie. Pierwsze, mniej dokładne dopasowanie jest istotne, ponieważ zapewnia zbieżność optymalizacji w drugim kroku. Po tej dwukrokowej metodzie otrzymujemy w efekcie wysokiej jakości dopasowywanie przedoperacyjnego wirtualnego modelu pacjenta do jego rzeczywistej reprezentacji w sali operacyjnej.

Następnym kluczowym etapem po dopasowaniu wirtualnej reprezentacji pacjenta (z obliczonym docelowym położeniem kości jarzmowej) do jego rzeczywistej instancji jest uwolnienie nieprawidłowo zrówniętej kości jarzmowej i ustawienie jej w docelowej pozycji. Podczas manipulowania uwolnioną kością jej położenie jest ciągle śledzone dzięki przymocowanym do niej za pomocą *Kirschner wires* markerom. W ten sposób chirurg może w łatwy sposób nawigować kością jarzmową, porównując jej aktualne położenie na monitorze komputera z jej optymalnym położeniem (również widoczne na monitorze) (zob. rys. 9). Po osiągnięciu optymalnej pozycji kość jarzmowa jest przytwierdzana do reszty twarzy-czaszki metodą osteosyntezy płytkowej. Ostatnim krokiem wykorzystującym możliwości systemu nawigacyjnego jest sprawdzanie dokładności rekonstrukcji położenia kości jarzmowej po jej przymocowaniu (zob. rys. 10). Jeśli aktualne położenie mimo wszystko odbiega od docelowego, zaplanowanego przed operacją, to zawsze istnieje jeszcze możliwość ponownego uwolnienia kości jarzmowej i powtórzenia procedury.



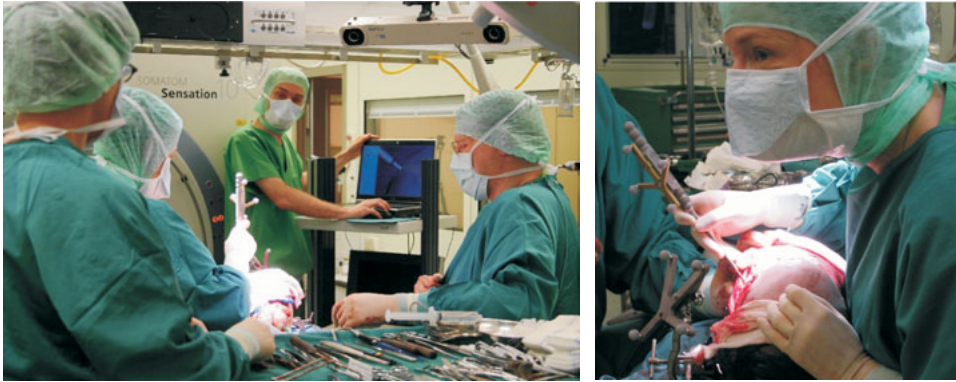
Rys. 9. Śledzenie aktualnej pozycji uwolnionej kości jarzmowej za pomocą optycznego systemu nawigacyjnego podczas dopasowywania do docelowego położenia zdefiniowanego (obliczonego) w fazie planowania na wirtualnym modelu pacjenta



Rys. 10. Sprawdzanie dokładności rekonstrukcji położenia kości jarzmowej po jej przymocowaniu metodą osteosyntezy płytkowej. Pozycja końca wskaźnika (pointera) na ekranie (instancja wirtualna V_w) odpowiada jego położeniu w sali operacyjnej (instancja rzeczywista R_w)

3.2. Przypadek 2

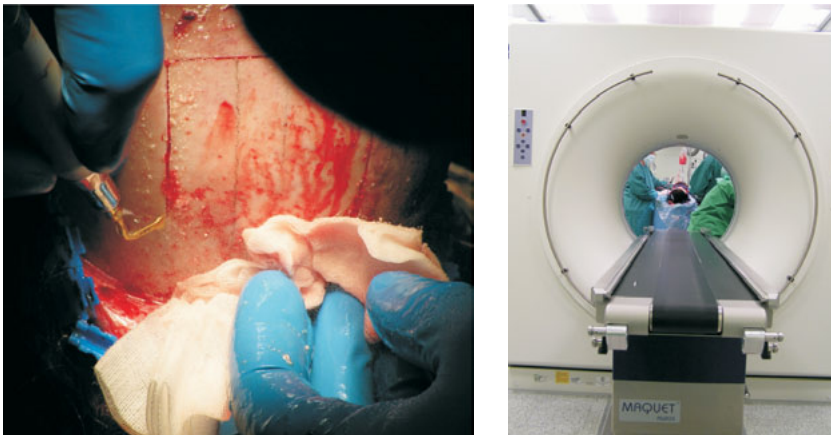
Wirtualny model pacjenta wygenerowany w poprzedniej fazie dla przypadku 2. razem z obliczonym optymalnym położeniem dna oczodołu dla obu stron jest wczytywany do systemu nawigacyjnego. Chirurgicalna rekonstrukcja zniekształconych lub usuniętych obszarów anatomicznych w obrębie twarzo-czaszki



Rys. 11. Dopasowywanie realnych i wirtualnych struktur anatomicznych w dwuetapowej procedurze dopasowywania (*lewa strona*). Sprawdzanie dokładności rekonstrukcji dna oczodołu poprzez próbkowanie położenia końca wskaźnika w dwóch instancjach jednocześnie (*prawa strona*)

jest wykonywana ze wspomaganie systemu nawigacyjnego w podobny sposób jak w poprzednim przypadku (zob. rys. 11).

Wykonując opisaną dla poprzedniego przypadku dwukrokową procedurę dopasowywania realnych i wirtualnych struktur anatomicznych, umożliwiamy chirurgowi rekonstrukcję uszkodzonych i zdeformowanych oczodołów za pomocą przeszczepów kości autogennej (zob. rys. 12 *lewy*) zgodnie z wirtualnym planem rekonstrukcji. Główną zaletą tego podejścia jest to, że w każdym momencie rekonstrukcji chirurg może porównać aktualną pozycję przeszczepu z zaplanowaną, używając wskaźnika (pointer) (zob. rys. 11). Po niewielkiej liczbie takich porównań przeszczep osiąga zaplanowaną pozycję i orientację, po czym



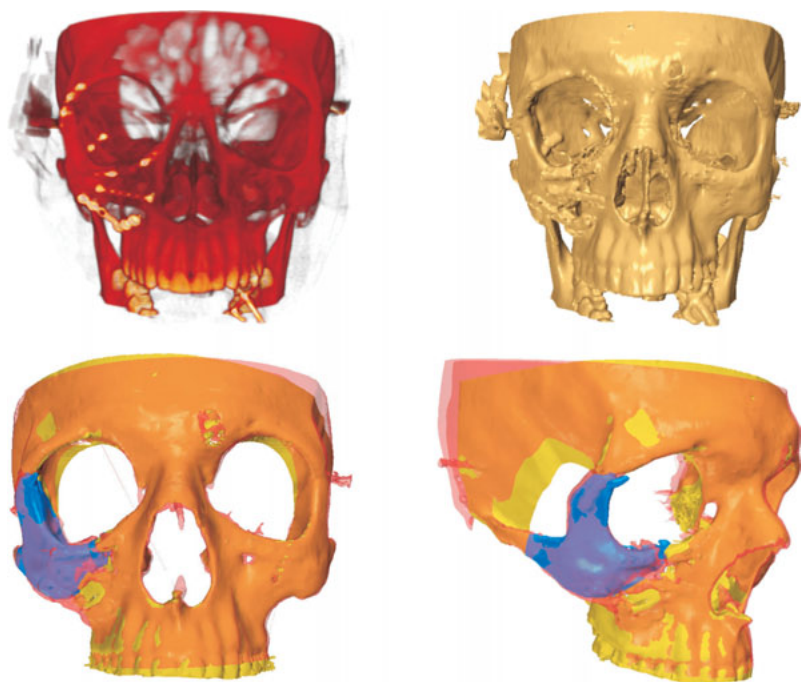
Rys. 12. Pobieranie przeszczepów kostnych z tylnego obszaru czaszki (*calvarium bone*) służących po odpowiednim wymodelowaniu do rekonstrukcji oczodołów (*lewa strona*). Pooperacyjne badanie CT (*prawa strona*). Tomograf komputerowy znajdujący się w sali operacyjnej umożliwia badanie natychmiast po zakończeniu operacji, a nawet w jej trakcie

jest przytwierdzany do sąsiednich istniejących struktur kostnych metodą osteosyntezy płytkowej. Po wykonaniu całej rekonstrukcji pacjenta jeszcze poddaje się badaniu CT w sali operacyjnej (zob. rys. 12 *prawy*).

4. Wyniki

4.1. Przypadek 1

Jeśli nie ma przeciwwskazań, po każdej skomplikowanej operacji wykonanej z pomocą systemu nawigacyjnego jest robione pooperacyjne badanie CT (lub MR). To pozwala w wielu przypadkach na ewaluację wykonanej operacji. Jak wi-

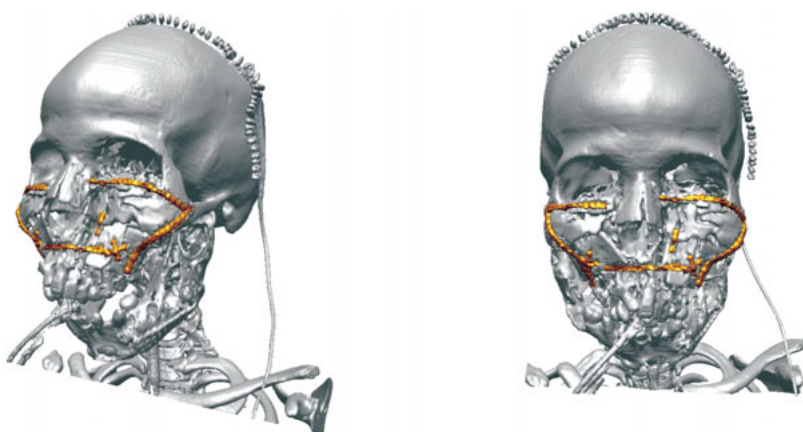


Rys. 13. Pooperacyjne badania CT pokazują wysoką jakość rekonstrukcji położenia kości jarzmowej wspomaganą użyciem systemu nawigacyjnego (górny rząd). W dolnym rzędzie możemy obejrzeć nałożenie przedoperacyjnej powierzchni twarzo-czaszki (żółty kolor) z powierzchnią pooperacyjną (czerwony kolor, półprzezroczysta powierzchnia). Niebieska powierzchnia pokazuje położenie kości jarzmowej przed operacją (do skorygowania). Półprzezroczysta czerwona powierzchnia w niebieskim regionie pokazuje nowe skorygowane położenie i orientację kości jarzmowej (porównaj z planem na rys. 3)

dzimy na rys. 13 (górny rząd), pooperacyjne badanie CT pokazuje wysokiej jakości rekonstrukcję położenia kości jarzmowej oraz obszaru wokół niej. W dolnym rzędzie możemy obejrzeć nałożenie przedoperacyjnej powierzchni twarzo-czaszki (żółty kolor) z powierzchnią pooperacyjną (czerwony kolor, półprzezroczysta powierzchnia). Niebieska powierzchnia pokazuje położenie kości jarzmowej przed operacją (do skorygowania). Półprzezroczysta czerwona powierzchnia w niebieskim regionie pokazuje zaś nowe skorygowane położenie i orientację kości jarzmowej (porównaj z planem na rys. 3). Oba ujęcia ujawniają wysoką korelację pooperacyjnego (skorygowanego) położenia kości jarzmowej z jej zaplanowanym położeniem i orientacją. Górny rząd pokazuje również, że wykonana rekonstrukcja przywróciła symetrię struktury kostnej w omawianym obszarze.

4.1. Przypadek 2

Pooperacyjne badanie CT dla przypadku 2. ujawnia wysoką złożoność rekonstrukcji nie tylko dla oczodołów, ale również w rejonie szczęki górnej i nosowym (zob. rys. 14). Rekonstrukcja dna oczodołu dla obu stron za pomocą systemu nawigacyjnego została zakończona pełnym sukcesem. Rysunek 14 *prawy* pokazuje udaną rekonstrukcję symetrii twarzy w tym bardzo skomplikowanym i rzadkim przypadku cherubizmu.



Rys. 14. Model powierzchniowy kości pacjenta wygenerowany na podstawie pooperacyjnych danych CT dla przypadku 2 pokazuje zrekonstruowane za pomocą systemu nawigacyjnego oczodoły i inne fragmenty twarzo-czaszki (kolor żółty oznacza płytki osteosyntezy mocujące zrekonstruowane za pośrednictwem autogenych przeszczepów kości twarzo-czaszki). Model po prawej pokazuje udaną rekonstrukcję symetrii twarzy w tym bardzo skomplikowanym i rzadkim przypadku cherubizmu

Prezentowane w tej pracy przypadki skomplikowanych operacji wspomaganych za pomocą komputerowych metod planowania oraz systemu nawigacyjnego należą do wielu innych zabiegów chirurgicznych z obszaru chirurgii twarzowo-szczękowej, które zostały wykonane w ostatnim czasie przez nasz zespół w klinice uniwersyteckiej w Bazylei. Oprócz rekonstrukcji prawidłowego położenia kości jarzmowej oraz rekonstrukcji oczodołu większość wykonanych operacji dotyczyła osteotomii i pozycjonowania stawu żuchwowego jak również innych rekonstrukcji oczodołu (K r ó ł, C h a p u i s, K o b e r i in. 2006).

5. Podsumowanie i wnioski

Odtworzenie prawidłowego położenia kości jarzmowej wspomagane przez system nawigacyjny zakończyło się pełnym sukcesem, jeśli chodzi o postawione cele. Te same konkluzje można wyciągnąć w przypadku rekonstrukcji oczodołów dla drugiego przykładu. Opierając się na doświadczeniach pozostałych operacji wspomaganych użyciem systemu nawigacyjnego, możemy się pokusić o ogólniejsze wnioski.

Jakość fazy planowania zabiegu ma decydujący wpływ na jakość rezultatów całej operacji. Im dokładniejszy i lepiej przygotowany wirtualny model pacjenta, tym lepsze jego dopasowanie do rzeczywistej instancji oraz tym bardziej niezawodne i dokładne są procedury nawigacji. Istotnym czynnikiem niezawodności, dokładności i jakości procedur nawigacyjnych jest zapewnienie niezawodnego umocowania markerów. Ich poluzowanie lub przypadkowe skrzywienie może wprowadzić błąd odczytu prawdziwej pozycji pewnych obiektów, a tym samym zaburzyć całą procedurę nawigacji. Konieczna jest jak najczęstsza kontrola dopasowania obu instancji pacjenta: rzeczywistej i wirtualnej.

Pierwsze obserwacje i rezultaty użycia systemu nawigacyjnego w operacjach chirurgii twarzowo-szczękowej demonstrowują, że opisana powyżej metodologia doskonale uzupełnia i wzbogaca tradycyjne metody planowania i wykonywania zabiegów. Umożliwia przy tym dużo dokładniejsze planowanie oraz ich wykonywanie, dodatkowo redukując w wielu przypadkach czas wykonywania operacji. Umożliwia również ewaluację wyników operacji przez porównanie planu lub symulacji operacji na wirtualnym modelu pacjenta z modelem wygenerowanym na podstawie pooperacyjnych danych CT lub MR.

Dalsze operacje z komputerowym planowaniem oraz użyciem systemu nawigacyjnego są planowane.

6. Podziękowania

Badania te przeprowadzono dzięki wsparciu Szwajcarskiej Narodowej Fundacji Nauki NCCR Co-Me.

Literatura

- Besl P., McKay N., 1992: *A method for registration of 3d shapes*. „Trans. Patt. Anal. Mach. Intell.”, 14(2): 239–256.
- Chapuis J., 2006: *Computer-aided cranio-maxillofacial surgery*. [PhD thesis]. University of Bern.
- Chlebiej M., Król Z., Mikołajczak P., 2003: *Numerical treatment of registration problem in generation of patient-specific anatomical models*. „Journal of Medical Informatics and Technologies”, 6 (November): 13–20.
- Gonzalez R.C., Woods R.E., 2002: *Digital image processing*. Prentice Hall International. <http://www.ndigital.com/polaris.php>.
- Król Z., Chapuis J., Kober C., Langlotz F., Zeilhofer H-F., Schwenzer-Zimmerer K., 2006: *Computer-aided surgery planning and intraoperative navigation for complex maxillofacial reconstruction after juvenile soft tissue tumor resection*. Proceedings of the XI International Conference „Medical Informatics and Technologies”. Pietka E., Leski J., Franiel S. (eds.), Wisła-Malinka, Poland, September 25–27, pp. 427–432.
- Lehmann T., Oberschelp W., Pelikan E., Repges R., 1997: *Bildverarbeitung für die Medizin*. Springer-Verlag.

NOTY O AUTORACH

Agata Austen

Katedra Przedsiębiorczości
Akademia Ekonomiczna w Katowicach
ul. Bogucicka 14, 40-226 Katowice
e-mail: aausten@ae.katowice.pl

Grzegorz Bies

Wyższa Szkoła Bankowości i Finansów w Katowicach
ul. ks. bp. St. Adamskiego 7, 40-069 Katowice
e-mail: grzegorzbies@home.pl

Daria Bizoń

Zakład Projektowania i Diagnostyki
Instytut Informatyki Uniwersytetu Śląskiego
ul. Będzińska 39, 41-200 Sosnowiec
e-mail: darusia@konto.pl

Jerzy Błaszczyński

Zakład Inteligentnych Systemów Wspomagania Decyzji, Instytut Informatyki
Wydział Informatyki i Zarządzania
Politechnika Poznańska
ul. Piotrowo 2, 60-965 Poznań
e-mail: jurek.blaszczynski@cs.put.poznan.pl

Maria Magdalena Bujnowska-Fedak

Katedra i Zakład Medycyny Rodzinnej
Wydział Lekarski Kształcenia Podyplomowego
Akademia Medyczna we Wrocławiu
ul. Syrokomli 1, 51-141 Wrocław
e-mail: zmr@zmr.am.wroc.pl

Jacek Cała

Katedra Informatyki
Akademia Górniczo-Hutnicza
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
e-mail: jcala@agh.edu.pl

Jonas Chapuis

Medical Faculty, Mem Research Center
Institute for Surgical Technology and Biomechanics
University of Bern
Stauffacherstrasse 78, Ch-3014 Bern
e-mail: jonas.chapuis@memcenter.unibe.ch

Łukasz Czekierda

Katedra Informatyki
Akademia Górniczo-Hutnicza
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
e-mail: lczekierda@agh.edu.pl

Aldona Frączkiewicz-Wronka

Kolegium Zarządzania
Akademia Ekonomiczna w Katowicach
ul. 1 Maja 47, 40-287 Katowice
e-mail: aldona@ae.katowice.pl

Andrzej Gackowski

Klinika Choroby Wieńcowej Instytutu Kardiologii
Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego
ul. Prądnicka 80, 31-202 Kraków

Wojciech Glinkowski

Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu
Zakład Anatomii Prawidłowej, Centrum Biostruktury
Warszawski Uniwersytet Medyczny
ul. Chałubińskiego 5, 02-004 Warszawa
e-mail: w.glinkowski@teleorto.pl

Marek Gołębiowski

I Zakład Radiologii Klinicznej
Warszawski Uniwersytet Medyczny
ul. Żwirki i Wigury 61, 02-091 Warszawa

Andrzej Górecki

Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu
Warszawski Uniwersytet Medyczny
ul. Żwirki i Wigury 61, 02-091 Warszawa

Piotr Kasztelowicz

Oddział Wewnętrzny
Szpital Powiatowy w Chełmży
ul. Szewska 23, 87-140 Chełmża
e-mail: piotr.kasztelowicz@am.torun.pl

Jolanta Kosmowska-Wojtal

Ośrodek Szkolno-Rehabilitacyjny w Sosnowcu
ul. Bohaterów Monte Cassino 46, 41-221 Sosnowiec
e-mail: jwojtal@gazeta.pl

Zdzisław Król

Hightech-Research-Center for Maxillofacial Surgery
University Hospital Basel
Schanzenstrasse 46, CH-4031 Basel
e-mail: zkrol@uhbs.ch

Frank Langlotz

Medical Faculty, Mem Research Center
Institute for Surgical Technology and Biomechanics
University of Bern
Stauffacherstrasse 78, CH-3014 Bern
e-mail: frank.langlotz@memcenter.unibe.ch

Konrad Makosa

Polsko-Japońska Szkoła Technik Komputerowych
ul. Koszykowa 86, 02-008 Warszawa
Zakład Anatomii Prawidłowej, Centrum Biostruktury
Warszawski Uniwersytet Medyczny
e-mail: kmakosa@pjwstk.edu.pl

Katja Schwenzer-Zimmerer

University Clinic for Reconstructive Surgery
Division of Maxillofacial Surgery
University Hospital Basel
Hebelstrasse 32, CH-4031 Basel
e-mail: kschwenzer@uhbs.ch

Jan Siwek

ALSTOR Sp. j.
ul. Wenecka 12, 03-244 Warszawa
e-mail: j.siwiek@alstor.com.pl

Roman Słowiński

Zakład Inteligentnych Systemów Wspomagania Decyzji, Instytut Informatyki
Wydział Informatyki i Zarządzania

Politechnika Poznańska
ul. Piotrowo 2, 60-965 Poznań
e-mail: roman.slowinski@cs.put.poznan.pl

Andrzej Staniszewski

Katedra i Zakład Medycyny Rodzinnej
Wydział Lekarski Kształcenia Podyplomowego
Akademia Medyczna we Wrocławiu
ul. Syrokomli 1, 51-141 Wrocław
e-mail: andrzej.staniszewski@hipokrates.org

Andrzej Steciwko

Katedra i Zakład Medycyny Rodzinnej
Wydział Lekarski Kształcenia Podyplomowego
Akademia Medyczna we Wrocławiu
ul. Syrokomli 1, 51-141 Wrocław
e-mail: zmr@zmr.am.wroc.pl

Magdalena Tkacz

Instytut Informatyki
Uniwersytet Śląski w Katowicach
ul. Będzińska 39, 41-200 Sosnowiec
e-mail: magdalena.tkacz@us.edu.pl

Marcin Tynda

HOGA. PL SA
ul. Barlickiego 18, 44-100 Gliwice
e-mail: m.tynda@wasko.pl

Monika Wasilewska

Samodzielny Zespół Publicznych Zakładów Lecznictwa Otwartego
Warszawa-Bemowo
ul. Wrocławska 19, 01-493 Warszawa

Adam Wilczok

Wydział Farmaceutyczny
z Oddziałem Medycyny Laboratoryjnej
Katedra i Zakład Biofarmacji
Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
ul. Narcyzów 1, 41-200 Sosnowiec
e-mail: awilczok@slam.katowice.pl

Szymon Wilk

Zakład Inteligentnych Systemów Wspomagania Decyzji, Instytut Informatyki
Wydział Informatyki i Zarządzania, Politechnika Poznańska

ul. Piotrowo 2, 60-965 Poznań
e-mail: szymon.wilk@cs.put.poznan.pl

Artur Wojciechowski

I Zakład Radiologii Klinicznej
Warszawski Uniwersytet Medyczny
ul. Chałubińskiego 5, 02-004 Warszawa
e-mail: artur@amwaw.edu.pl

Zygmunt Wróbel

Instytut Informatyki
Uniwersytet Śląski
ul. Będzińska 39, 41-200 Sosnowiec
e-mail: zygmun.wrobel@us.edu.pl

Hans-Florian Zeilhofer

University Clinic for Reconstructive Surgery
Division of Maxillofacial Surgery
University Hospital Basel
Hebelstrasse 32, CH-4031 Basel
e-mail: zeilhoferhf@uhbs.ch

Krzysztof Zieliński

Katedra Informatyki
Akademia Górniczo-Hutnicza
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
e-mail: kzielinski@agh.edu.pl

Redaktor
Jerzy Stencel

Projektant okładki, strony tytułowej i stron działowych
Janusz Kożusznik

Redaktor techniczny
Małgorzata Pleśniar

Korektor
Tomasz Gut

Copyright © 2008 by
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
Wszelkie prawa zastrzeżone

ISSN 0208-6336
ISSN 1732-3517

Wydawca
Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego
ul. Bankowa 12B, 40-007 Katowice
www.wydawnictwo.us.edu.pl
e-mail: wydawus@us.edu.pl

Wydanie I. Ark. druk. 17,0. Ark. wyd. 20,0.
Przekazano do łamania w czerwcu 2008 r.
Podpisano do druku w październiku 2008 r.

Papier offset, kl. III, 90 g Cena 32 zł

Łamanie: Pracownia Składu Komputerowego
Wydawnictwa Uniwersytetu Śląskiego
Druk i oprawa: EXPOL, P. Rybiński, J. Dąbek, Spółka Jawna
ul. Brzeska 4, 87-800 Włocławek

