

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki

ROZPRAWA DOKTORSKA

mgr inż. Andrzej A. Kononowicz

System wspomagania nauczania
medycyny oparty na koncepcji ścieżek
klinicznych

Promotor:

Dr hab. inż. Piotr Augustyniak, prof. nadzw.

Kraków, 2011

*Pracę pragnę dedykować Żonie, która była przy mnie w trudnych chwilach.
Wszystkim tym osobom, bez których pomocy ta praca nie mogłaby powstać –
serdecznie dziękuję.*

Spis treści

1. Wstęp	6
1.1. Omówienie podejmowanej tematyki rozprawy	6
1.2. Cel i zakres pracy	8
1.3. Struktura rozprawy	9
2. Wspomagane komputerowo nauczanie medycyny	10
2.1. Przegląd różnych typów narzędzi informatycznych w edukacji medycznej	10
2.2. Doświadczenia autora w dziedzinie e-learningu medycznego poprzedzające powstanie niniejszej pracy i pozyskane w trakcie jej realizacji	13
2.3. Wyzwania stojące przed e-nauczaniem w medycynie	18
3. Ścieżki kliniczne	20
3.1. Wprowadzenie do tematu ścieżek klinicznych	20
3.1.1. Definicja pojęcia ścieżki klinicznej	20
3.1.2. Efekty wprowadzenia ścieżek klinicznych w praktyce	22
3.1.3. Dyskusja zagrożeń związanych ze ścieżkami klinicznymi	23
3.1.4. Interpretowalne komputerowo ścieżki kliniczne	24
3.1.5. Modele interpretowalnych komputerowo ścieżek klinicznych	26
3.1.6. Która specyfikacja ścieżek klinicznych jest najlepsza?	29
3.2. Projekt >>mipp> jako punkt wyjścia powstania nowego systemu ścieżek klinicznych	30
3.2.1. Ścieżki kliniczne w szpitalu kantonowym w Aarau	30
3.2.2. System Bit Pathways jako rozszerzenie modelu >>mipp>	32
3.3. Edukacyjne ścieżki kliniczne	35
3.3.1. Scenariusz 1: Wyszukiwanie informacji w gotowych edukacyjnych ścieżkach klinicznych	37
3.3.2. Scenariusz 2: Tworzenie ścieżek przez studentów na podstawie publikacji medycznych	38
3.3.3. Scenariusz 3: Ścieżki kliniczne jako etap pośredni w tworzeniu innych materiałów edukacyjnych lub narzędzi informatyki medycznej	39
3.3.4. Podsumowanie zaproponowanych scenariuszy edukacyjnych	41
4. Modelowanie wymagań	42
4.1. Analiza przypadków użycia	42
4.1.1. Używana notacja	42
4.1.2. Aktorzy	42
4.1.3. Przypadki użycia	43
4.1.4. Użytkownicy anonimowi	43
4.1.5. Działania autorów ścieżek	44

4.1.6.	Działania administratora	46
4.1.7.	Inne wymagania	46
4.2.	Przegląd istniejących narzędzi informatycznych	47
4.3.	Uzasadnienie konieczności budowy nowego narzędzia	51
5.	Wybrane elementy projektu narzędzia Bit Pathways	55
5.1.	Model danych Bit Pathways	55
5.1.1.	Definicja modelu danych	55
5.1.2.	Definicja ścieżki „Przykład 1” wg modelu Bit Pathways	58
5.1.3.	Definicja gramatyki	62
5.1.4.	Dalsze kierunki rozwoju modelu Bit Pathways	67
5.2.	Architektura systemu	68
5.2.1.	Diagram komponentów systemu Bit Pathways	69
5.2.2.	Struktura komponentu „Edytor ścieżek”	70
6.	Opis implementacji	72
6.1.	Zakres implementacji i wybrane technologie	72
6.1.1.	Zakres implementacji	72
6.1.2.	Wybrane technologie	72
6.2.	Interfejs użytkownika	73
6.2.1.	Edytor ścieżek	73
6.2.2.	Moduł nauczycielski	78
6.2.3.	Moduł administracyjny	81
6.2.4.	Narzędzia dla inżyniera wiedzy	82
7.	Walidacja opracowanego narzędzia i weryfikacja jego implementacji	85
7.1.	Opinia użytkowników dotycząca funkcjonalności narzędzia Bit Pathways	85
7.1.1.	Ocena studencka	86
7.1.2.	Ocena nauczycielska	87
7.2.	Testy wydajnościowe	87
7.2.1.	Interfejs użytkownika	88
7.2.2.	Zapis dużej liczby ścieżek	89
7.2.3.	Dostęp współbieżny do serwera ścieżek	91
7.2.4.	Wnioski z testów wydajnościowych	92
8.	Weryfikacja scenariuszy edukacyjnych	93
8.1.	Opis metod weryfikacji scenariuszy edukacyjnych	93
8.1.1.	Cechy będące przedmiotem badania	93
8.1.2.	Pomiar psychometryczny	94
8.1.3.	Wykazanie różnic wartości cechy między grupami	97
8.1.4.	Wykazanie zależności między cechami	99
8.1.5.	Zastosowane narzędzia informatyczne	100

8.2.	Porównanie poprawności oraz efektywności wyszukiwania informacji w ścieżkach edukacyjnych i artykułach naukowych	101
8.2.1.	Opis badania	101
8.2.2.	Otrzymane wyniki	105
8.2.3.	Dyskusja wyników	111
8.3.	Tworzenie ścieżek przez studentów na podstawie publikacji medycznych	118
8.3.1.	Opinia studentów dotycząca przydatności scenariusza w programie nauczania	118
8.3.2.	Ocena retencji wiedzy	127
8.4.	Doświadczalne porównanie scenariusza 1 i 2	129
8.4.1.	Wprowadzenie	129
8.4.2.	Eksperyment „Zespół Boerhaavego”	129
8.4.3.	Eksperyment „Syndrom poresusycytacyjny”	135
8.5.	Edukacyjne ścieżki kliniczne jako etap pośredni w tworzeniu innych zasobów informatyki medycznej	140
8.5.1.	Opis edukacyjnej ścieżki klinicznej wykorzystanej w testowaniu scenariusza	141
8.5.2.	Zapis edukacyjnej ścieżki klinicznej w formacie wirtualnego pacjenta	142
8.5.3.	Zapis edukacyjnej ścieżki klinicznej w formacie GLIF	147
8.5.4.	Dalsze plany rozwoju funkcji eksportu ścieżek z systemu Bit Pathways	152
9.	Podsumowanie	153
9.1.	Dyskusja osiągniętych wyników	153
9.2.	Plan dalszych prac	154
9.3.	Zakończenie	154
A.	Opis zawartości załączonej płyty CD	155
B.	Bibliografia	156
C.	Wykaz rysunków i tabel	167

1. Wstęp

1.1. Omówienie podejmowanej tematyki rozprawy

Zmiany jakie mogą wnieść komputery i Internet do edukacji porównywane są niekiedy do rewolucji, która zapoczątkowała wynalezienie druku przez Jana Gutenberga [81][112]. Jak dalece prawdziwe jest to przekonanie, będą mogły ocenić z czasem dopiero następne pokolenia. To niewątpliwie prawda, że komputer daje nowe możliwości nauczania, których skuteczność powinna być jednak zweryfikowana w różnych dziedzinach wiedzy i przy różnych scenariuszach edukacyjnych. Wymaga to przeprowadzenia wielu badań naukowych z pogranicza ogólnej pedagogiki, informatyki oraz szczegółowo rozważanego przedmiotu nauczania. W nurt tych badań wpisuje się niniejsza praca.

Medycyna, ze względu na bardzo dużą rolę, jaką odgrywają w niej bezpośrednie kontakty międzyludzkie i związane z nimi aspekty emocjonalne, jest dziedziną, która - na pierwszy rzut oka - nie kojarzy się z e-nauczaniem. Jak jednak pokazują coraz liczniejsze przykłady skutecznego zastosowania e-nauczania w kształceniu medycznym - jest to wrażenie mylne. Poza podstawowymi narzędziami e-nauczania, znanymi również z innych dziedzin edukacji, takimi jak narzędzia komunikacji synchronicznej (czaty, wideokonferencje) i asynchronicznej (e-mail, blogi), techniki automatycznej lub półautomatycznej weryfikacji wiedzy (elektroniczne egzaminy, dzienniki), systemy do prezentacji wiedzy (systemy LCMS, Wiki, podcasty) czy do jej personalizacji, medycyna rozwija również swoje własne, charakterystyczne narzędzia e-learningowe. Do narzędzi tych zaliczyć można między innymi symulatory kliniczne, wirtualnych pacjentów, biologiczne modele 3D, narzędzia do zdalnych konsultacji obrazów diagnostycznych, medyczne taksonomie i specjalistyczne medyczne sieci semantyczne. Narzędzia te są obecnie wytwarzane, doskonalone, a także z powodzeniem zaczynają być stosowane w różnych uczelniach medycznych [8][43][67][68][74][146].

Celem pracy jest sprawdzenie przydatności i efektywności wykorzystania w (e-)nauczaniu medycyny wspomaganych komputerowo specyficznych diagramów decyzyjnych typu **ścieżka kliniczna**.

Ścieżki kliniczne (ang. *clinical pathways*) stosowane są zarówno w zarządzaniu służbą zdrowia, jak i w edukacji personelu medycznego [143]. Możliwą formą prezentacji ścieżek są schematy blokowe (diagramy przepływu), które przedstawiają unormowany przebieg leczenia pacjenta ze ściśle określoną dolegliwością. W zasięgu ścieżek klinicznych znajdują się wszystkie etapy obsługi pacjenta, począwszy od przyjęcia go do ośrodka medycznego, przez dokonanie rozpoznania, leczenie właściwe, terapię pozabiegową, leczenie wtórne - aż po wypisanie pacjenta z ośrodka. Tworzenie ścieżek klinicznych wymaga współpracy całego personelu medycznego zaangażowanego w leczenie danego typu schorzenia. Celem ich tworzenia jest poprawa jakości,

przejrzystości oraz rentowności usług medycznych wykonywanych w szpitalu. Wykorzystując ścieżki kliniczne lekarz może na bieżąco informować pacjenta, w jakiej fazie terapii się znajduje. Administracja szpitala uzyskuje możliwość lepszego planowania wydatków i zaopatrzenia szpitala. Zastosowanie ścieżek klinicznych to dla lekarzy dodatkowa metoda ułatwiająca podejmowanie decyzji dotyczących terapii pacjenta, a w sprawach spornych silny argument uzasadniający słuszność ich postępowania. W tej pracy zwrócono uwagę przede wszystkim na fakt, że dla studentów medycyny analiza ścieżek klinicznych jest cennym źródłem wiedzy, ułatwiającym naukę praktycznych działań lekarskich.

Nakład pracy niezbędny do przygotowania materiałów e-learningowych na potrzeby medycyny jest znaczny [67]. Z tego też względu niezwykle istotne jest stosowanie standardów technicznych, które umożliwiają wymianę i powtórne wykorzystanie materiałów edukacyjnych. W dziedzinie ścieżek klinicznych specyfikacjami technicznymi pozwalającymi na ich wymianę są między innymi formaty: Arden Syntax, GEM, GLIF, ProForma czy SAGE [20][134][157]. Wymiana materiałów e-learningowych wspomagana jest przez użycie standardów ADL SCORM [187] i IMS [192], a w branży e-nauczania medycyny przez specyfikacje opracowane w organizacji MedBiquitous (np. MedBiquitous Virtual Patient [156]). Brak jest jednak narzędzia, które pozwalałoby łączyć te standardy techniczne w celu wykorzystania pełnego potencjału edukacyjnego ścieżek klinicznych. Narzędzie takie pozwalałoby w szybki i nieskomplikowany sposób przedstawić studentowi medycyny schemat postępowania terapeutycznego, będącego przedmiotem nauczania. Co ważniejsze, narzędzie takie pozwalałoby sprawnie i wydajnie przedstawić specjalście klinicznemu założenia działania ścieżek klinicznych, dzięki czemu można by zapewnić sobie jego współpracę oraz w efektywny sposób pobrać jego wiedzę ekspercką. Ta wiedza mogłaby być dalej przetwarzana przez inżynierów wiedzy na potrzeby systemów wspomagania decyzji klinicznych i przez technologów nauczania na potrzeby tworzenia elektronicznych materiałów edukacyjnych (np. wirtualnych pacjentów albo interaktywnych grafik sieciowych). Stworzenie takiego narzędzia, najpierw w sensie zbudowania jego naukowych podstaw, a potem także w sensie stworzenia i przetestowania odpowiedniej praktycznej implementacji, jest jednym z głównych celów niniejszej rozprawy.

Przedyskutowane zostaną teraz wstępnie założenia, jakie powinny być spełnione, żeby rozważane narzędzie spełniło oczekiwania.

Po pierwsze powinno to być narzędzie zintegrowane z technologiami sieciowymi. Przystosowanie systemu do działania w środowisku internetowym wydaje się być naturalnym oczekiwaniem jego użytkowników, zwiększającym efektywność wykorzystania narzędzia. Po drugie powinno to być narzędzie przystosowane zarówno do wykorzystania w edukacji medycznej, jak i w praktyce klinicznej. By ułatwić wprowadzanie ścieżek w praktyce konieczne jest bowiem uświadamianie ich potencjału specjalistom medycznemu już na etapie ich kształcenia.

Jak wspomniano wyżej – gotowego narzędzia o postulowanych właściwościach brak. W szczególności w dostępnej podczas pisania tej rozprawy literaturze nie znaleziono doniesień

dotyczących różnych scenariuszy wdrożenia procesu nauczania ścieżek klinicznych do programu studiów medycznych. Dostępne na rynku narzędzia do tworzenia ścieżek klinicznych nie są przystosowane do działania w ramach zajęć dydaktycznych. Do zbadania pozostaje również wiele zagadnień dotyczących samego procesu powstawania ścieżek klinicznych, dla których można by było podjąć próbę znalezienia odpowiedzi za pomocą nowego narzędzia i scenariuszy wykorzystania tego narzędzia w ośrodkach edukacyjnych. Wymienione potrzeby stwarzają przesłanki do tego, by sformułować na ich podstawie cel i zakres niniejszej pracy.

1.2. Cel i zakres pracy

Celem pracy jest wykazanie, iż wspomagane komputerowo ścieżki kliniczne poprawiają efektywność nauczania na uczelni medycznej.

Z tak postawionego celu pracy wynika także jej zakres. Założono, że w ramach rozprawy doktorskiej powstanie projekt i implementacja rozproszonego systemu informatycznego do tworzenia, ewaluacji, transformacji i wizualizacji diagramów decyzyjnych opartych na koncepcji ścieżek klinicznych przeznaczonych do celów edukacyjnych. Opracowany będzie sposób zapisu ścieżek klinicznych kompatybilny z popularnymi formatami systemów e-nauczania (MedBiquitous Virtual Patient), wspomagania decyzji (GLIF), grafiki (PNG) i prezentacji internetowej (DHTML). Ze względu na specyfikę przewidywanych użytkowników systemu (lekarzy klinicystów) założono, że graficzny edytor pozwalający na tworzenie ścieżek izolować będzie użytkownika nieposiadającego wiedzy informatycznej od szczegółów implementacji. Zestaw wymienialnych szablonów atrybutów oraz architektura otwarta na rozszerzenia pozwolą będą na dostosowywanie narzędzia do konkretnego zastosowania. Przewiduje się, że opracowane narzędzie wspierać będzie różnego rodzaju scenariusze edukacyjne w zajęciach nauczania hybrydowego (*blended learning*), kreację wirtualnych pacjentów, budowę bazy wiedzy na potrzeby systemów wspomagania decyzji czy nawet zastosowania poza medyczne (np. ścieżki chemiczne). Narzędzie przystosowane będzie do pracy w sieci Internet i wyposażone zostanie w system kont i ról użytkowników.

Założono, że w rozprawie zostaną także opracowane i przetestowane w praktyce różne scenariusze wdrożenia narzędzia w procesie nauczania. W tym celu przewidziano, że w skład tworzonego pakietu wchodzić będą narzędzia przeznaczone do śledzenia i oceny pracy studenckiej. System poddany będzie również ewaluacji przez jego użytkowników: studentów, nauczycieli, specjalistów medycznych. Narzędzie stanowić będzie środowisko do prowadzenia eksperymentów dotyczących procesu budowy ścieżek klinicznych pozwalające odpowiedzieć na aktualne pytania badawcze i sprawdzające powtarzalności procesu tworzenia ścieżek. System opracowany w rozprawie pozwoli także na definicję umiejętności wymaganych do tworzenia ścieżek i umożliwi empiryczne sprawdzenie wymaganego do tego czasu. Badane mogą być także zagadnienia pracy grupowej nad ścieżkami.

1.3. Struktura rozprawy

Rozprawa składa się z dziewięciu rozdziałów. Rozdział 1 przedstawia motywację podjętych badań oraz cel i zakres rozprawy doktorskiej. W rozdziale 2 przedstawiona jest systematyka narzędzi e-nauczania w medycynie i na tle tego podziału opisany jest dotychczasowy dorobek autora w dziedzinie wspomagania komputerowo nauczania medycyny. Rozdział 3 wprowadza czytelnika do tematyki ścieżek klinicznych, przedstawia szwajcarski model ścieżek klinicznych >>mipp>, którego poznanie i rozbudowa przez autora dało początek powstaniu tej pracy. Rozdział ten zawiera również definicję nowego pojęcia: edukacyjna ścieżka kliniczna. Zaprezentowane są trzy zaproponowane przez autora pracy scenariusze wykorzystania edukacyjnych ścieżek klinicznych na tle istniejących doniesień naukowych. Rozdział 4 zawiera opis wymagań względem systemu informatycznego realizującego zaproponowane scenariusze edukacyjne. Na podstawie dokonanego przeglądu istniejącego oprogramowania następuje w nim uzasadnienie konieczności budowy nowego systemu. Rozdział 5 zawiera elementy projektu nowego narzędzia nazwanego Bit Pathways. Omówiony jest model reprezentacji danych ścieżki oraz ogólna architektura systemu. Rozdział 6 przedstawia zakres implementacji systemu Bit Pathways, z położeniem szczególnego nacisku na wykorzystane technologie i prezentację interfejsu użytkownika. W rozdziale 7 implementacja systemu Bit Pathways poddana jest technicznej weryfikacji. System badany jest zarówno obiektywnie (testy wydajnościowe), jak i subiektywnie (poprzez ankiety przeprowadzane wśród użytkowników – studentów i nauczycieli). Rozdział 8 zawiera opis doświadczeń sprawdzających empirycznie skuteczność trzech scenariuszy wykorzystania ścieżek edukacyjnych zrealizowanych z wykorzystaniem systemu Bit Pathways w środowisku medycznym. Całość pracy podsumowana jest w rozdziale 9.

Dodatkowo na załączonej do pracy płycie CD znajduje się aneks, w którym umieszczone są wszystkie istotne dla pracy szczegóły, które nie zmieściły się w wersji drukowanej. W aneksie 10.1 przedstawiono przykłady projektów pokrewnych scenariuszom edukacyjnym zaproponowanym przez autora rozprawy doktorskiej w rozdziale 3. Aneks 10.2 przedstawia przykładowe szablony atrybutów wykorzystywanych w modelu danych Bit Pathways, który opisany był w rozdziale 5. Aneks 10.3 zawiera treść pytań sprawdzających wiedzę studencką w czasie weryfikacji scenariuszy edukacyjnych będących przedmiotem rozdziału 8. W aneksie 10.4 przedstawiono szczegółowe wyniki ankiet ewaluacyjnych, krótko scharakteryzowanych w rozdziale 7. Aneks 10.5 dotyczy metody oceny prac studenckich, wykorzystywanej w rozdziale 8. Ostatni aneks 10.6 zawiera tekst testowego wirtualnego pacjenta, który powstał na potrzeby weryfikacji scenariusza 3. opisanej w rozdziale 8.

2. Wspomagane komputerowo nauczanie medycyny

2.1. Przegląd różnych typów narzędzi informatycznych w edukacji medycznej

Niniejsza praca dotyczy ważnego działu współczesnej informatyki medycznej, jakim jest wspomagana komputerowo edukacja studentów kierunków medycznych oraz pracowników służby zdrowia [113].

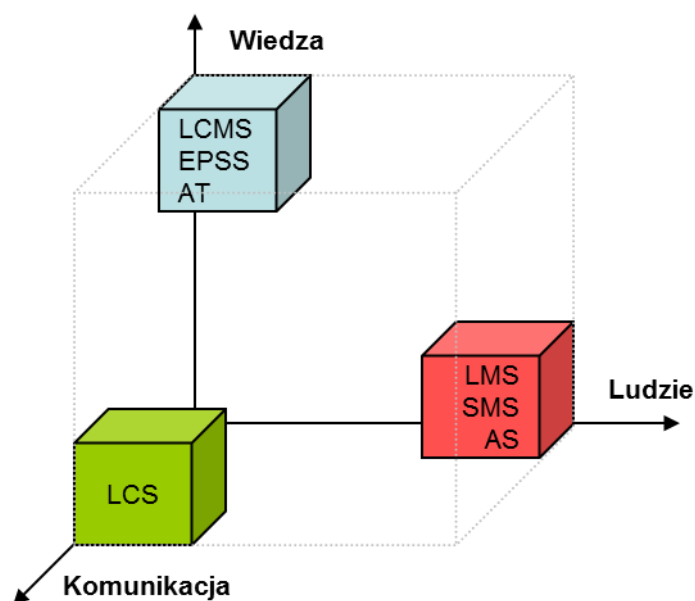
Wykorzystanie komputerów, elektronicznych urządzeń mobilnych i Internetu w edukacji zwykło się określać w Polsce jako „e-nauczanie”, „e-kształcenie” lub – równie często – stosując angielskie słowo „e-learning”¹. E-nauczanie wywodzi się ze zdalnego nauczania, które zaczęło rozwijać się szczególnie intensywnie w czasie rewolucji przemysłowej. Przechodząc przez różne stadia – takie, jak model korespondencyjny (kursy przesyłane tradycyjną pocztą), model radiowo-telewizyjny (edukacja za pomocą programów radiowych i telewizyjnych), – zdalne nauczanie dotarło do modelu informatycznego. Początkowo niedoceniany wynalazek, jakim był komputer, oraz możliwość łączenia go z innymi komputerami w sieć, stały się bezpośrednią przyczyną wielkiej zmiany cywilizacyjnej („trzeciej fali” Alvina Tofflera), otwierającej erę społeczeństwa informacyjnego [169]. Przewiduje się, iż w niedalekiej przyszłości najbardziej pożądanymi dobrami na świecie przestaną być dobra materialne, takie jak surowce czy połacie ziemi, a staną się nimi: dostęp do informacji i umiejętność przekształcenia jej w wiedzę [168]. Wiedza staje się kapitałem, który każdy przedstawiciel nowoczesnego społeczeństwa będzie musiał powiększać, by pozostać konkurencyjnym na rynku pracy. Dotyczyć to będzie w szczególności lekarzy i pracowników służby zdrowia.

Wprowadzenie do zdalnego nauczania komputerów i Internetu wydatnie przyczyniło się do wzrostu atrakcyjności oraz skuteczności tej formy uczenia się. Komunikacja między uczniem a nauczycielem nabrała tempa, materiały edukacyjne przestały być pasywne i stały się dostępne w urozmaiconych formach prezentacji. Internet jest obecnie wprost niewyczerpanym źródłem nowej wiedzy. Dorobek e-nauczania rósł (i nadal rośnie) tak szybko, iż jedno określenie dla tego typu

¹ Należy tu oczywiście zaznaczyć, iż formalnie rzecz ujmując nazwy te nie są równoznaczne, gdyż angielskie słowo „learning” oznacza „uczenie się” (przez ucznia), co nie zawsze towarzyszy „nauczaniu” (przez nauczyciela). Biorąc pod uwagę większą samodzielność ucznia we wspomagany komputerowo kształceniu na odległość oraz zastąpienie części funkcji nauczyciela przez urządzenia elektroniczne, podkreślenie roli „uczenia się” w nazwie tej dziedziny wydaje się szczególnie istotne (tak, jak ma to miejsce w odkreśleniu angielskim). Niestety, trudno znaleźć w języku polskim właściwy odpowiednik tego słowa.

inicjatyw przestało wystarczać. Powstały próby klasyfikacji form e-nauczania, które pomagają precyzyjnie scharakteryzować rozmaite możliwości wykorzystania komputerów w edukacji.

Interesującą klasyfikację narzędzi e-nauczania przedstawił Marek Hyla [69], systematyzując spotykane w e-nauczaniu narzędzia przez umieszczenie ich w trójwymiarowym układzie współrzędnych, wyznaczanym przez osie: ludzie, wiedza, komunikacja (Rys. 1). Każda z osi charakteryzuje właściwe dla niej kategorie. Wymiar „ludzie” reprezentują systemy zarządzania szkoleniami (LMS, ang. *Learning Management Systems*), systemy zarządzania kompetencjami (SMS, ang. *Skills Management Systems*), systemy sprawdzania wiedzy (AS, ang. *Assessment Systems*); wymiar „wiedza” obejmuje takie klasy systemów, jak systemy zarządzania treścią szkoleniową (LCMS, ang. *Learning Content Management Systems*), systemy nauki w czasie trwania pracy (EPSS, ang. *Electronic Performance Support Systems*) oraz narzędzia autorskie (AT, ang. *Authoring Systems*). Wymiar „komunikacja” reprezentowany jest w monografii Marka Hyli przez jedną klasę systemów zarządzania zdalną komunikacją. Możliwe wydaje się poszerzenie go o inne systemy, np. systemy zdalnej pracy grupowej. Spotykane w praktyce systemy są często hybrydami wymienionych powyżej kategorii i umieszczane są w różnych punktach trójwymiarowej przestrzeni w zależności od przydatności w poszczególnych dziedzinach.



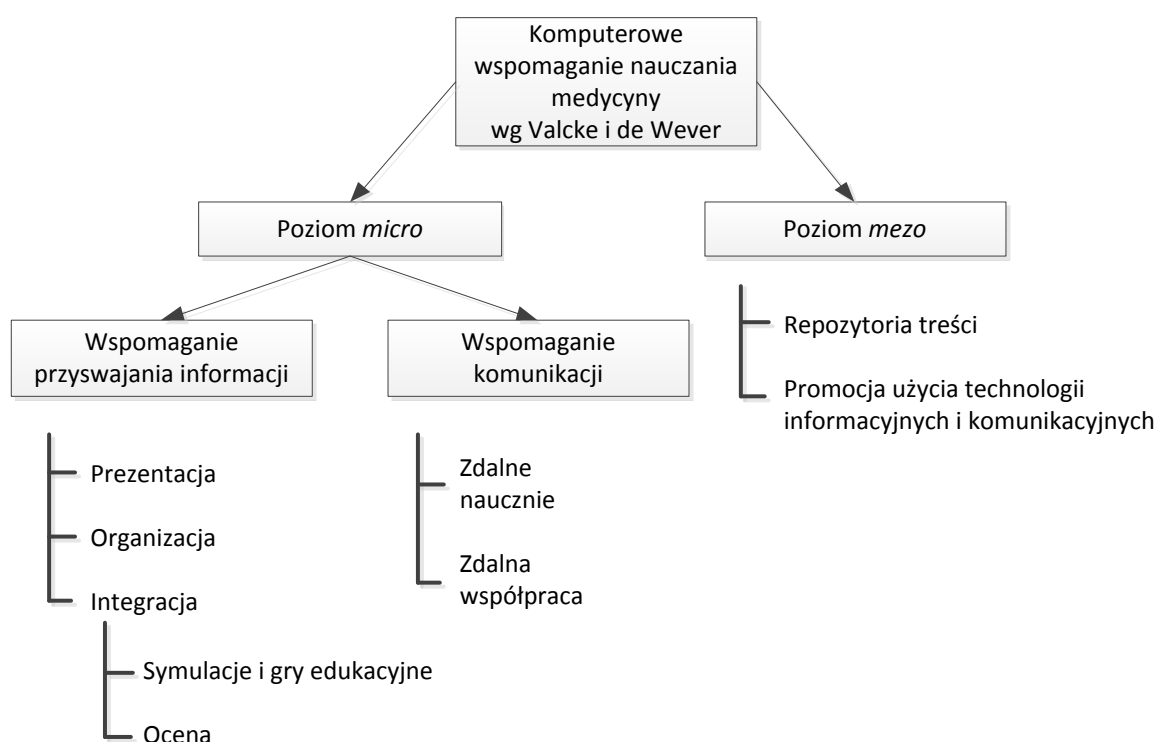
Rys. 1. Klasyfikacja systemów e-nauczania wg Marka Hyli [69]

Jeszcze bardziej „elastyczną” klasyfikację narzędzi e-nauczania oraz ich zastosowania w procesie kształcenia zaproponował Ryszard Tadeusiewicz. Według tej systematyki liczba wymiarów klasyfikacji jest praktycznie nieograniczona, a każdy system można scharakteryzować dowolnie długim ciągiem par: identyfikator kategorii, procentowy udział w kategorii [170].

Wymienione powyżej klasyfikacje mają charakter ogólny i mogą być wykorzystane w każdej dziedzinie nauczania – w tym i w medycynie. Powstały również próby klasyfikacji narzędzi e-nauczania charakterystyczne dla medycyny. Le Beux i Fieschi [8] wyróżnili pięć kategorii aplikacji e-

learningowych w medycynie: symulacja procesów fizjologicznych, symulacja przypadków klinicznych, wirtualna rzeczywistość i wirtualni pacjenci, narzędzia e-learningowe i platformy do zapisu i indeksacji zasobów e-nauczania oraz nagrania multimedialne do nauczania na odległość.

Obecnie coraz popularniejsze stają się klasyfikacje według celu przekazywania treści. Przykład systematyki tego rodzaju zaproponowali Valcke i De Wever [173]. Po dokonaniu metaanalizy najnowszych publikacji z dziedziny e-learningu medycznego, podzielono wykorzystanie komputerów w edukacji medycznej na dwa poziomy: *micro* i *mezo* (Rys. 2). Poziom *micro* opisuje systemy wspomagające procesy indywidualnego uczenia się studenta. Poziom *mezo* reprezentuje zastosowanie komputerów do wspomagania procesu e-kształcenia całej populacji studentów i osób związanej ze służbą zdrowia.



Rys. 2. Klasyfikacja wspomaganego komputerowo nauczania w medycynie wg Valcke i de Wevera [173]

Poziom *micro* dzieli się na zastosowanie komputerów we wspomaganiu przyswajania informacji oraz we wspomaganiu komunikacji. Pierwsza podkategoria, zgodnie z popularnymi obecnie kognitywnymi teoriami nauki [123] dzieli się na trzy działy wspomagające kolejne etapy zdobywania wiedzy: sensoryczne odbieranie informacji (prezentacja wiedzy), organizacja wiedzy w kognitywne struktury w pamięci krótkotrwałej (STM, ang. *Short Time Memory*) oraz integracja tych struktur z pamięcią długotrwałą (LTM, ang. *Long Time Memory*).

Pierwsza klasa zawiera wszystkie systemy e-learningowe, które pomagają studentom lepiej zrozumieć treść przez zróżnicowanie form prezentacji, np. wizualizacje dwu- i trójwymiarowe, animacje, diagramy graficzne, wirtualne światy.

Klasa dotycząca organizacji wiedzy zawiera systemy aktywujące uwagę studenta i wspomagające zrozumienie przez porównywanie, organizację, wybór i analizę nowych informacji. Przykładem mogą być systemy hipertekstowe, umożliwiające studentom zorientowanie się w połączeniach semantycznych pomiędzy składnikami prezentowanej treści czy też stopniowe zwiększanie szczegółowości przekazywanych informacji.

W końcu trzecia klasa, wspomagająca integrację świeżo zdobytej wiedzy z wiedzą wcześniejszą, dzieli się na dwie podklasy: systemów wspierających ten proces przez wykorzystanie symulacji komputerowej i zaangażowanie ucznia w gry edukacyjne oraz systemów utrwalających wiedzę przez prowadzenie wspomaganych komputerowo testów i egzaminów.

W grupie narzędzi wspomagających komunikację Valcke i de Wever wyróżnili dwie klasy systemów: do zdalnego nauczania (ułatwiających przeprowadzanie zdalnych wykładów i ćwiczeń – jak np. platformy e-nauczania) i zdalnej współpracy (ułatwiających komunikację między studentami i ich współpracę – np. narzędzia pracy grupowej, narzędzia telekonsultacji eksperckiej itp.).

Poziom *mezo* dzieli się na badania nad systemami przechowywania treści edukacyjnych oraz nad użyciem technik informacyjnych i komunikacyjnych w nauczaniu medycyny. Oba mogą być bardzo pożyteczne jako metody przygotowania lekarzy do życia i aktywnego działania w zdominowanym przez komputery i Internet społeczeństwie informacyjnym.

2.2. Doświadczenia autora w dziedzinie e-learningu medycznego poprzedzające powstanie niniejszej pracy i pozyskane w trakcie jej realizacji

W celu ukazania spektrum możliwych zastosowań komputerów w e-nauczaniu medycyny w polskich warunkach, w niniejszym punkcie przedstawione zostanie podsumowanie dotychczasowego dorobku autora pracy w dziedzinie e-learningu medycznego. Będzie to doświadczenie zdobyte podczas sześcioletniego okresu pracy w Zakładzie Bioinformatyki i Telemedycyny Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego, a także podczas wyjazdów zagranicznych.

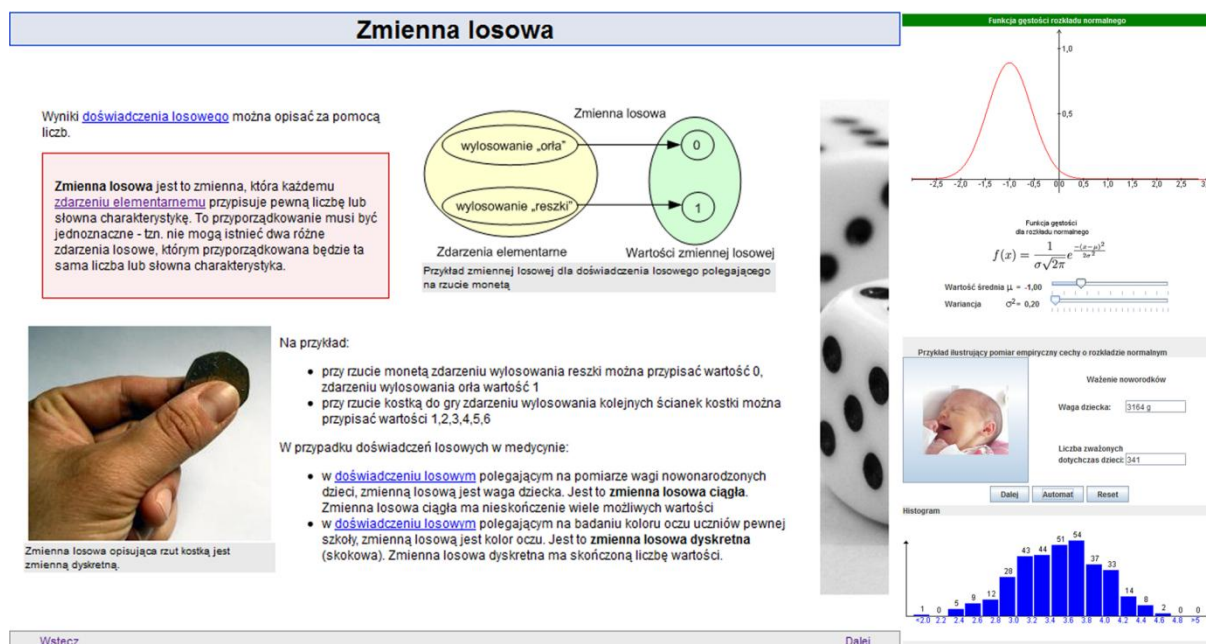
Uporządkowaniu struktury przeglądu posłuży przedstawiona w poprzednim punkcie pracy klasyfikacja wg Valcke'a i de Wevera. Tabela 1 zawiera nazwy działów wykorzystania komputerów w edukacji medycznej oraz tematy prac, w których autor brał udział (z uwzględnieniem odsyłaczy literaturowych).

Tab. 1. Przegląd publikacji z udziałem autora pracy w poszczególnych dziedzinach e-learningu medycznego wg klasyfikacji Valcke'a i de Wevera

Dział wg klasyfikacji Valcke'a i de Wevera	Tematy badawcze oraz publikacje powstałe z udziałem autora
Prezentacja	a) Aplety do wizualizacji praw statystycznych w medycynie [83][87] b) Prezentacja wiedzy proceduralnej w formie ścieżek edukacyjnych - Ścieżki kliniczne w medycynie [95][108] - Ścieżki chemiczne [96] - Ścieżki antropologiczne [162]
Organizacja wiedzy	a) E-uczenie się studentów medycyny przez e-nauczanie innych [93] b) Tworzenie ścieżek klinicznych przez studentów [91][102][106]
Symulacje i gry edukacyjne	a) Wirtualni pacjenci [92][100][107] – wykorzystanie: - W resuscytacji [101] - W położnictwie [122] - W genomice [137]
Ocena wiedzy	a) Wielościeżkowe egzaminy [84][85] b) Wymiana pytań testowych w formacie IMS QTI w systemach wirtualnych pacjentów [58]
Zdalne nauczanie	a) Wdrożenie platformy Blackboard w Zakładzie Bioinformatyki i Telemedycyny UJ CM [86][88]
Zdalna współpraca	a) Wykorzystanie w nauczaniu systemu zdalnych konsultacji TeleDICOM [90][111]
Repozytoria treści	a) Indeksacja plików multimedialnych w formacie MPEG-7 [94] b) System opisu strumieni filmowych DSS-Meda [128] c) Repozytorium wirtualnych pacjentów projektu eViP [37][89][103] d) Implementacja standardu wymiany wirtualnych pacjentów [59][97][172] e) Integracja platform e-learningowych i systemów wirtualnych pacjentów [105] f) Protokół wymiany zezwoleń pacjenta na publikację plików multimedialnych w systemach wirtualnych pacjentów [109]
Promocja technologii ICT w medycynie	a) Scenariusze wykorzystania wirtualnych pacjentów w programie studiów medycznych [161] b) Metody ułatwiające tworzenie wirtualnych pacjentów [79][99][104] c) Ocena wdrożenia wirtualnych pacjentów w program nauczania [114]

Przegląd działów e-nauczania zostanie rozpoczęty od kategorii „**prezentacja**”. Tutaj godnym wskazania osiągnięciem autora są drobne programy do uruchamiania w przeglądarce internetowej zwane „apletami”, służące do wizualizacji praw statystycznych w medycynie. Statystyka, pomimo, że ma wielkie znaczenie w naukach biomedycznych, zwykle stwarza dla studentów medycyny duże trudności w nauce. Aby ułatwić proces przyswajania tej dziedziny wiedzy, stworzony został bogaty graficznie moduł do nauki statystyki wraz z ilustrującymi go apletami, pokazującymi podstawowe prawa statystyczne [87] (Rys. 3). Użyte w module interaktywne aplety Javy utworzone zostały za pomocą Anstat Beans [83] – biblioteki wizualnych komponentów Javy integrowanej ze środowiskiem

Borland JBuilder. Biblioteka Anstat Beans opracowana została przez autora pracy w czasie studiów w Uniwersytecie Technicznym w Clausthal (Niemcy).



Rys. 3. Prezentacja wiedzy statystycznej dla studentów medycyny: po lewej stronie – przykładowa strona z sieciowego modułu nauki podstaw statystyki, przygotowanego przez autora pracy; po prawej – przykładowe programy typu „aplet” będące częścią modułu utworzone przy pomocy biblioteki AnstatBeans

Drugim obszarem aktywności autora w dziedzinie prezentacji treści dydaktycznych jest wizualizacja wiedzy proceduralnej, dostępnej dotychczas głównie w postaci opisu słownego, za pomocą interaktywnych diagramów blokowych – tzw. edukacyjnych ścieżek klinicznych [95][108]. Temat ten wybrany został jako przedmiot niniejszej rozprawy doktorskiej, dlatego nie są prezentowane w tym miejscu szczegóły. Warto może jedynie podkreślić, iż – nieoczekiwanie – poza zastosowaniami ściśle medycznymi system ten znalazł również zastosowanie w innych dziedzinach wiedzy: w chemii [96], statystyce [148] i antropologii [162].

Systemy wspierające drugi dział klasyfikacji, tzn. **organizację wiedzy**, wymagają dużej aktywności ze strony studentów, którzy przez systematyzację zaprezentowanej im wiedzy – samodzielnie konstruują struktury poznawcze (werbalne, wizualne) przedmiotu nauczania. W dotychczasowym dorobku autora warto zwrócić uwagę na dwie aktywności wspierające tę dziedzinę e-nauczania.

Pierwsza z nich związana jest z fakultatywnym kursem e-learningu, jaki autor prowadził w latach 2005–2009 dla studentów medycyny, a w późniejszym okresie również dla studentów informatyki stosowanej [93]. Studenci mieli przygotowane środowisko pracy, w którym uczyli się samodzielnie właściwej organizacji wiedzy, tworząc kursy e-learningowe dla młodszych kolegów. Takie scenariusze edukacyjne znane są w literaturze anglojęzycznej jako LbT – *learning-by-teaching*.

Przygotowanie środowiska pracy polegało, z jednej strony, na udostępnieniu studentom odpowiednich narzędzi technicznych (Dreamweaver, Flash Professional), z drugiej – wymagało wsparcia projektów studenckich przez konsultacje techniczne oraz medyczne.

Inna wprowadzona przez autora aktywność studencka, której celem była organizacja wiedzy, polegała na samodzielnym tworzeniu edukacyjnych ścieżek klinicznych przez samych studentów i doktorantów kierunków medycznych [91][102][106]. Aktywność ta również mieści się w ramach tematu niniejszej pracy i zostanie szczegółowo opisana w dalszej części rozprawy doktorskiej, stąd tutaj jest jedynie wzmiankowana.

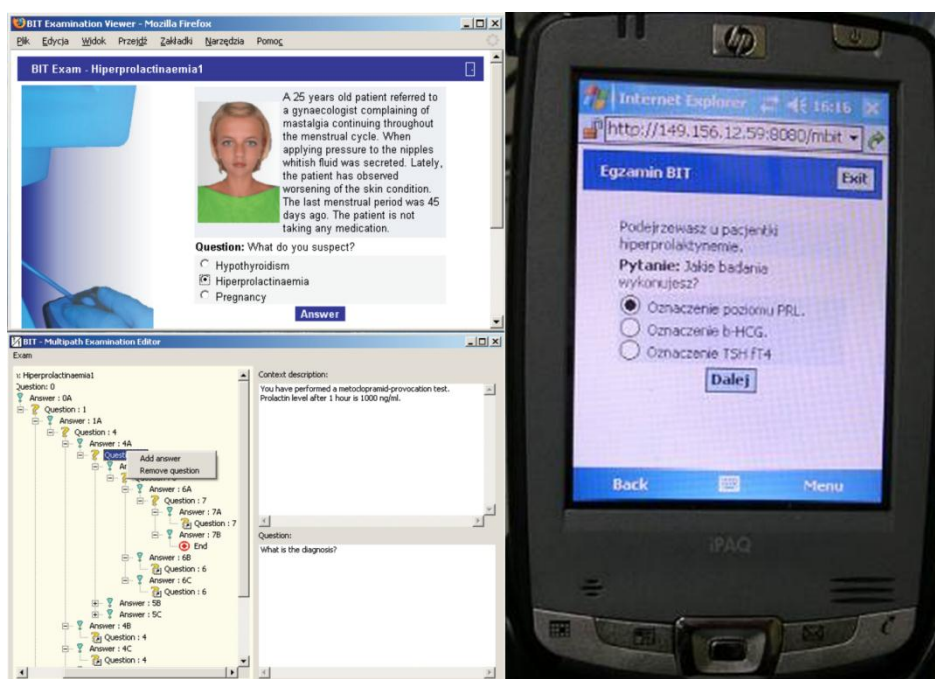
Integrację wiedzy w celu trwałego jej zapamiętania osiąga się przez zaangażowanie studenta w symulację i różne formy testów i egzaminów. W tym dziale autor skoncentrował swoje działania na systemach wirtualnych pacjentów [92][100][107]. Wirtualni pacjenci to „programy komputerowe, które symulują rzeczywiste scenariusze kliniczne, w których uczący się wchodzi w rolę pracownika służby zdrowia: otrzymuje informacje o historii choroby pacjenta oraz wyniki badań fizykalnych, a następnie dokonuje rozpoznania i podejmuje decyzje dotyczące terapii pacjenta” [67]. Skala skomplikowania technicznego wirtualnych pacjentów jest bardzo szeroka [92][100][107] – od prostych systemów liniowych [46], aż po systemy wykorzystujące niezwykle skomplikowane modele prezentowane w środowiskach wirtualnej rzeczywistości [165]. Proste modele mają tę zaletę, iż można je względnie prosto (i tanio) wprowadzić w uczelni medycznej, dzięki czemu można nauczyć studentów i lekarzy, jak efektywnie z nich korzystać w praktyce uczenia się. Bardziej skomplikowani wirtualni pacjenci mogą z kolei być bardziej atrakcyjni dla osób zdobywających specjalistyczną wiedzę i mogą służyć do pozyskania bardziej zaawansowanych kwalifikacji.

Prace autora skupiały się na pomocy w rozbudowie monachijskiego systemu CASUS [46] oraz na jego wdrożeniu w praktyce nauczania Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego. Powodzeniem zakończyła się współpraca w dziedzinie wykorzystania wirtualnych pacjentów w medycynie ratunkowej [101], w pielęgniarstwie, kardiologii, położnictwie [122] oraz genomice [137].

Zaletą **elektronicznych systemów oceny** jest możliwość dostosowania kolejnych zadawanych pytań do udzielanych przez studenta odpowiedzi. Autor pracy stworzył sieciowy system egzaminów wielościeżkowych Bit Exam (odtwarzacz, edytor) [84][85], który umożliwiał prezentację egzaminu w postaci zbliżonej do systemów wirtualnych pacjentów o rozgałęzionym modelu danych. Powstała również wersja „mobilna” systemu z myślą o wykorzystaniu palmtopów i telefonów komórkowych (Rys. 4).

Dla ułatwienia wymiany pytań między elektronicznymi systemami sprawdzania wiedzy powstał międzynarodowy format IMS QTI [192]. Autor współpracował w tym zakresie z zespołem e-learningu medycznego w Monachium i miał swój wkład w implementację tego standardu w systemie wirtualnych pacjentów CASUS [58].

W dziedzinie **zdalnego nauczania**, począwszy od roku 2006, autor pracy wprowadzał platformę e-learningową Blackboard Academic Suite w Zakładzie Bioinformatyki i Telemedycyny UJ CM [86][88]. Wprowadzanie to przyniosło pozytywny skutek. Obecnie wszystkie kursy prowadzone w Zakładzie Bioinformatyki wspomagane są przez platformę Blackboard, która dostarcza materiały do ćwiczeń, wspomaga komunikację (przesyłanie raportów po ćwiczeniach) oraz jest miejscem sprawdzania wiedzy studenckiej. Rocznie rejestrowanych było w systemie Blackboard blisko 1000 nowych studentów. Zakład Bioinformatyki stał się w ten sposób największym użytkownikiem administrowanej przez ACK Cyfronet platformy Krakowskiego Kampusu Wirtualnego. Autor brał również udział we wprowadzeniu do edukacji opracowanego w Katedrze Informatyki AGH systemu zdalnej współpracy telemedycznej TeleDICOM [15][90][111].



Rys. 4. System egzaminów wielościeżkowych BIT Exam [84][85]

W dziedzinie **repozytoriów treści edukacyjnych** autor uczestniczył w budowie infrastruktury magazynowania zapisów wideo z zabiegów chirurgicznych. Opracował system indeksacji filmów za pomocą terminów meta-tezaurusu MeSH w formacie MPEG-7 [94] oraz, we współpracy z magistrantem Pawłem Mrozowskim, edytor dodawania podpisów strumieni filmowych do celów e-nauczania [128]. W roku 2007 rozpoczął się wspierany przez Unię Europejską projekt eViP, w którym autor był po stronie polskiej głównym wykonawcą zadań technicznych. Zrealizowanym w 2010 roku celem projektu eViP była budowa dużego dostępnego publicznie repozytorium wirtualnych pacjentów (ponad 340 przypadków), pochodzących z dziewięciu uczestniczących w projekcie instytucji. Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum wprowadził do bazy 38 adaptowanych i 26 nowych przypadków [37][89][103]. Autor brał udział w implementacji standardu ANSI MedBiquitous Virtual Patient (MVP) wymiany wirtualnych pacjentów [185], ze szczególnym uwzględnieniem prac nad implementacją standardu w systemie CASUS [59] oraz opracowaniu metod testujących jakość

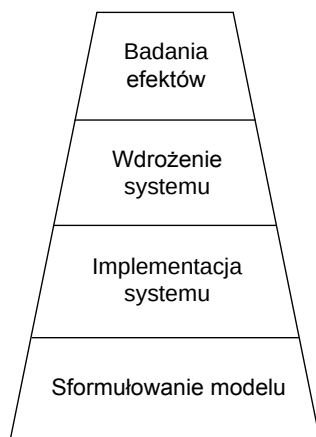
implementacji standardu [97]. Po zakończeniu projektu eViP kontynuowana była współpraca w dziedzinie budowy repozytoriów wirtualnych pacjentów [109].

Ciekawym zagadnieniem technicznym, w którego rozwiązaniu brał aktywnie udział autor pracy, było łączenie systemów wirtualnych pacjentów z platformami e-learningowymi [105] oraz budowa infrastruktury wymiany zezwoleń na wykorzystanie zdjęć pacjenta w systemach wirtualnych pacjentów [109].

Omawiany projekt eViP miał na celu nie tylko budowę bazy wirtualnych pacjentów, ale również jej wdrożenie do programu nauczania studentów. Było to przede wszystkim wyzwanie organizacyjne, które wymagało pracy nad zmianą nastawienia środowiska medycznego do użycia technologii informacyjnych i komunikacyjnych w dydaktyce medycznej (ostatni dział klasyfikacji Valcke'a i de Wevera). Przy udziale autora zostały opracowane scenariusze wykorzystania wirtualnych pacjentów w programie studiów medycznych Uniwersytetu Jagiellońskiego [161]. Eksperymentowano nad metodami ułatwiającymi tworzenie wirtualnych pacjentów (np. poszukiwano odpowiedzi na pytanie: czy adaptacja istniejących wirtualnych pacjentów do lokalnych warunków jest bardziej efektywna, niż tworzenie nowych wirtualnych pacjentów) [79][99][104]. Autor brał również udział w opracowaniu metryki oceny jakości wdrożenia wirtualnych pacjentów do programu nauczania [114], która może pomóc lekarzom w wyborze właściwych wirtualnych pacjentów do ich celów dydaktycznych.

2.3. Wyzwania stojące przed e-nauczaniem w medycynie

Czego powinny dotyczyć prowadzone obecnie badania nad e-nauczaniem medycznym? Odpowiedź na to pytanie jest bardzo trudna ze względu na interdyscyplinarny charakter e-nauczania jako dziedziny wiedzy, wielość występujących w niej tematów oraz związanych z tym trudności metodologicznych prowadzonych w niej badań. Zakładając, jak uczyniono to uprzednio, że e-nauczanie w medycynie można zaliczyć do informatyki medycznej, warto przytoczyć wciąż aktualny, jak się wydaje, pogląd Charlesa P. Friedmana na temat sposobu prowadzenia badań naukowych w tej właśnie dziedzinie wiedzy. Zaproponował on w roku 1995 model osiągnięć przedstawiony w postaci wieży składającej się z czterech części (Rys. 5): sformułowanie modelu, implementacja, wdrożenie systemu i sprawdzenie narzędzia w praktyce.



Rys. 5. Wieża osiągnięć informatyki medycznej wg Friedmana [47]

Według modelu Friedmana osiągnięcia w informatyce medycznej powinny być mierzone i oceniane przez pryzmat prac wykonanych na wszystkich czterech poziomach wieży. Dla nauki szczególnie interesujące jest pierwsze i ostatnie piętro.

David A. Cook po wykonaniu wielu meta-analiz efektów nauczania prowadzonego w medycynie z wykorzystaniem komputerów [24][26][28] postuluje, by nie zajmować się dłużej pytaniem „czy wykorzystywać komputery w edukacji medycznej”, gdyż odpowiedź jest oczywista – po prostu *musi się* je wykorzystywać. Dyskusja nad tym, czy nauczanie (uczenie się) z zastosowaniem e-learningu jest lepsze czy gorsze od nauczania tradycyjnego jest trudna, gdyż zależy od zbyt wielu czynników, by móc jednoznacznie odpowiedzieć na tak postawione pytanie [22]. Obecnie uważa się, że są to dwie wzajemnie uzupełniające się metody. Właściwym pytaniem jest to, jaki rodzaj e-nauczania wybrać i w jakich sytuacjach go zastosować [26].

Niniejsza praca jest próbą włączenia się w scharakteryzowane powyżej nurty naukowo-badawcze przez zaproponowanie pewnego konkretnego modelu danych do reprezentacji wiedzy proceduralnej w e-learningu medycznym. Wybór tego modelu pozwala na realizację na jego podstawie prostego w użytkowaniu dla medyków narzędzia informatycznego, wspomagającego proces uczenia. Najważniejsza przy tym jest możliwość wdrożenia rozważanego narzędzia w działalność szkoły medycznej i zweryfikowanie jego przydatności w różnych scenariuszach edukacyjnych.

Zaletą badań zaplanowanych do realizacji w ramach tej pracy jest fakt, że budowane środowisko będzie zarówno platformą eksperymentalną, sprawdzającą wiele wariantów metod nauczania (uczenia się) komputerowo wspomaganego w medycynie, jak i konkretnie użyteczną pomocą dydaktyczną, umożliwiającą prowadzenie tych zajęć ze studentami medycyny, w których istotna jest wiedza proceduralna.

3. Ścieżki kliniczne

3.1. Wprowadzenie do tematu ścieżek klinicznych

Wzrastające wymagania względem placówek służby zdrowia, zarówno te dotyczące jakości świadczonych usług, jak i racjonalizacji kosztów leczenia sprawiły, iż poszukuje się rozwiązań mających usprawnić ich działanie. Jednym z pomysłów na osiągnięcie tego celu jest wyznaczanie ścieżek klinicznych. Ścieżki kliniczne pierwotnie stanowiły adaptację znanej z teorii zarządzania koncepcji ścieżek krytycznych – do warunków służby zdrowia.

Metoda ścieżki krytycznej (ang. *Critical Path Method*, *CPM*) pojawiła się po raz pierwszy pod koniec lat 50-tych w amerykańskim przemyśle chemicznym i miała na celu usprawnienia procesu produkcyjnego [78]. Grafy ścieżek CPM składają się z wierzchołków oznaczających początki zadań do wykonania w ramach projektów oraz z krawędzi ilustrujących przebieg ich wykonania. Najdłuższa sekwencja czynności w grafie CPM nazywana jest ścieżką krytyczną i wyznacza czas trwania projektu. Sieci CPM należą do rozległej grupy narzędzi wspomagających zarządzanie projektami. Innymi przykładami technik stosowanych w tej dziedzinie są sieci PERT [120], diagramy Gantta [19], diagramy MPM [186] i wiele innych.

Uważa się, iż pojęcie „ścieżka kliniczna” (ang. *clinical pathway*) użyte zostało po raz pierwszy w roku 1985 przez Karen Zander w New England Medical Center (obecnie Tufts Medical Center) w Bostonie w kontekście efektywnego zarządzania pracą pielęgniarek [9][184]. Od tego czasu ścieżki kliniczne przeszły długą drogę badań teoretycznych, eksperymentalnych i praktycznych realizacji w różnych warunkach służby zdrowia. W najnowszym przeglądzie literaturowym organizacji Cochrane szacuje się, iż ścieżki kliniczne, w różnej formie, wprowadzone zostały aż w 80% amerykańskich szpitali [143].

3.1.1. Definicja pojęcia ścieżki klinicznej

Duża popularność ścieżek klinicznych nie idzie jednak w parze z precyzją definicji tego pojęcia [80]. Od czasu pierwszego użycia określenia „ścieżka kliniczna” do chwili obecnej znaczenie tego terminu ewoluowało i obecnie daleko wykroczyło poza ramy wyznaczone przez pierwotną definicję wywodzącą się ze ścieżek krytycznych. De Bleser i in. [9] przeanalizowali 263 indeksowanych przez PubMed artykułów dotyczących ścieżek klinicznych opublikowanych w latach 2000-2003 znajdując aż 84 różne definicje pojęcia „ścieżka kliniczna”. Zespół de Luc i in. [118] odnalazł dodatkowo 17 nazw stosowanych zamiennie z angielskim terminem *clinical pathway* (np. *care pathway*, *critical pathway*, *integrated care pathway* czy *care map*) co jeszcze bardziej utrudnia analizę literaturową. Poszukując spójnej definicji ścieżki klinicznej de Bleser i in. [9] wyodrębnili z analizowanych prac szereg określeń związanych z tym pojęciem. Ścieżki kliniczne najczęściej

definiowane były jako rodzaj dokumentu, strategii działania, planu czy algorytmu, który dotyczy jednorodnej grupy pacjentów i opisuje szereg ułożonych na osi czasowej działań wielodyscyplinarnego zespołu. Istotne jest przy tym uzyskanie efektywności działania, poprawy jakości świadczonych usług, redukcji różnic w leczeniu występujących w poszczególnych zespołach lekarskich, a przez to zapewnienie standaryzacji procesu leczenia. Ścieżki powinny bazować na wynikach badań EBM², zwiększać satysfakcję pacjentów z procesu leczenia, podnosić poziom wiedzy personelu, pacjentów i ich rodzin, oraz poprawiać komunikację w szpitalu. Zamierzeniem ścieżek jest bardziej spójna dokumentacja medyczna, analiza rozbieżności w procesie leczenia (co ma niekiedy również znaczenie naukowe), zmianę sposobu leczenia by spełniał wymogi najlepszej praktyki, poprawę przejrzystości działania placówki oraz bardziej precyzyjne ustalenie zakresów odpowiedzialności jej pracowników.

Ścieżki kliniczne nie powinny być mylone z pokrewnymi im wytycznymi medycznymi (ang. *clinical guidelines*) oraz z planami leczenia konkretnego pacjenta w szpitalu. Wytyczne medyczne, w przeciwieństwie do ścieżek klinicznych, nie uwzględniają lokalnych uwarunkowań jednostek służby zdrowia, aspektów finansowych oraz interdyscyplinarności procedur medycznych. Celem wytycznych medycznych jest przedstawienie sprawdzonych naukowo zaleceń terapeutycznych w określonych dziedzinach medycznych przy założeniu idealnych warunków funkcjonowania służby zdrowia. Dopiero w wyniku dostosowania wytycznych do realiów, w jakich się je wprowadza w danej placówce, otrzymuje się ścieżki kliniczne [60][178]. W praktyce pracy szpitalnej ścieżki kliniczne tworzone dla całej grupy pacjentów dynamicznie dostosowywane są do leczenia konkretnej osoby przez wybór odpowiadających konkretnemu pacjentowi rozgałęzień ścieżki. Efektem tego działania jest indywidualny plan leczenia. Wytyczne i ścieżki kliniczne w ramach krajowej opieki zdrowotnej można zatem podzielić na trzy poziomy [138]:

1. krajowe/międzynarodowe wytyczne opracowane przez zespoły specjalistów na podstawie wiedzy własnej oraz tej zgromadzonej w krajowych i międzynarodowych bazach wiedzy,
2. ścieżki kliniczne stworzone na szczeblu placówki medycznej na podstawie odpowiedniej wytycznej krajowej/międzynarodowej,
3. plan leczenia opracowany dla konkretnego pacjenta na podstawie ścieżki klinicznej danej placówki.

Patrząc jednak z technicznego punktu widzenia na budowę ścieżek trzech wymienionych poziomów, zauważa się, iż granice pomiędzy poziomami bywają niekiedy rozmyte. Wiele rozwiązań (np. narzędzi autorskich, standardów wymiany danych, systemów edukacyjnych) opracowanych na potrzeby jednego poziomu można wykorzystywać również na innych poziomach. Tłumaczy to dość duże

² EBM – (ang. *Evidence Based Medicine*). W użyciu są także inne polskie odpowiedniki tej nazwy, na przykład „medycyna oparta na dowodach”, „medycyna oparta na faktach”, „ewaluacja badań medycznych”, „Praktyka Oparta na Wiarygodnych i Aktualnych Publikacjach”, itp.

zamieszanie w stosowanej terminologii w wielu publikacjach. Opracowane w ramach tej pracy rozwiązanie edukacyjne będzie miało zastosowanie na wszystkich trzech poziomach przedstawionej klasyfikacji. Aby uniknąć konieczności wymieniania nazw wszystkich trzech poziomów ścieżek przy opisie systemu Bit Pathways stosowana jest nazwa jednej z form – tj. ścieżka kliniczna. Rozumie się przez to jednak również możliwość wykorzystania narzędzia w realizacji pozostałych poziomów ścieżek.

3.1.2. Efekty wprowadzenia ścieżek klinicznych w praktyce

Badania efektywności ścieżek klinicznych koncentrują się zwykle na kilku wyznacznikach takich jak: długość pobytu pacjenta w szpitalu, liczba powikłań pooperacyjnych, poprawność dokumentacji medycznej oraz redukcja zużycia zasobów szpitalnych. W ocenie badań należy oczywiście uwzględnić to, czy poprawa tych wskaźników nie wiąże się z pogorszeniem innych wyników leczenia oraz czy nie jest to efekt ogólnego trendu w medycynie obserwowanego również w innych szpitalach, gdzie nie są stosowane ścieżki kliniczne. Systematycznie prowadzone przeglądy publikacji naukowych – np. Cochrane Systematic Review – dowodzą, iż szczególnie w zakresie redukcji komplikacji szpitalnych oraz poprawy jakości dokumentacji medycznej ścieżki kliniczne mają dobrze udokumentowaną skuteczność działania [142][143]. Dla przykładu: w badaniach przeprowadzonych w amerykańskim szpitalu Johna Hopkina w latach 1991–7 sprawdzano efekty wdrożenia ścieżek w chirurgii dróg żółciowych [136]. Utworzono ścieżkę dla pacjentów przechodzących zabieg zespolenia pęcherzyka żółciowego. Ścieżka obejmowała zalecenia dla lekarzy i pielęgniarek w ciągu 9 dni po operacji. Badania przeprowadzono na próbie 339 pacjentów. Przed wprowadzeniem ścieżki śmiertelność podczas zabiegów wynosiła 4,5%. W ciągu 18 miesięcy po wprowadzeniu ścieżki udało się zredukować śmiertelność do 0,7%. Efekty wprowadzenia ścieżek klinicznych badano również na uniwersytecie Minnesota, gdzie standaryzacji poddano procedurę transplantacji nerek [63]. W przypadku transplantacji narządów od osób zmarłych ($n = 170$) uzyskano poprawę jakości leczenia, polegającą na redukcji liczby komplikacji pooperacyjnych z 57,1% (przed wprowadzeniem ścieżki) do 18,5% po wprowadzeniu ścieżki. Należy jednak dodać, iż w przypadku ścieżki zakładającej pobrania nerki od żywych dawców nie udało się osiągnąć statystycznie istotnej poprawy.

Obserwowane efekty dotyczące redukcji czasu pobytu w szpitalu oraz zmniejszenia ilości zużywanych zasobów bywają różne. Często spotyka się sprzeczne ze sobą wyniki uzyskane w różnych szpitalach, lub różne efekty uzyskane w jednym szpitalu ale dotyczące różnych jednostek chorobowych. Przykładowo w szpitalu uniwersyteckim stanu Michigan przeprowadzono badania 13 ścieżek wprowadzonych w latach 1993-1996. W przypadku tylko pięciu z nich wykazano statystycznie istotną poprawę w redukcji czasu pobytu pacjenta w szpitalu lub zmniejszenia zużywanych zasobów [147]. Wyniki te przestrzegają przed bezkrytycznym stosowaniem ścieżek klinicznych, których efekty obserwowane po ich wprowadzeniu niekiedy nie uzasadniają wysokich kosztów poniesionych przy ich wdrażaniu. Z drugiej strony, nie powinno to jednak zniechęcać do

prrowadzenia nad nimi dalszych badań. Podejrzewa się, iż ścieżki kliniczne szczególnie dobrze sprawdzają się w standaryzacji procedur często wykonywanych w szpitalu, trudnych w przeprowadzeniu, związanych z dużymi kosztami, bądź procedurami, w których istnieje wiele stosowanych metod [142]. Porównując wiele dyscyplin medycznych zauważa się, iż wdrożenie ścieżek szczególnie dobrze sprawdza się w chirurgii, gdzie proces leczenia jest dość dobrze przewidywalny i ograniczony w czasie [16].

3.1.3. Dyskusja zagrożeń związanych ze ścieżkami klinicznymi

Wiele osób obawia się wdrożenia ścieżek jako przejawu odhumanizowania medycyny [142]. Utożsamiana z wprowadzeniem ścieżek automatyzacja leczenia prowadzić może do utraty indywidualnego kontaktu pacjenta z lekarzem. Lekarze często sądzą, iż ścieżki kliniczne będą krępować ich działania. Przestanie liczyć się indywidualna ocena specjalisty, która zastąpiona będzie bezmyślnym podążaniem za narzuconym z góry algorytmem. Wobec ścieżek klinicznych stosuje się czasami nawet pejoratywne określenie „medycyna z książki kucharskiej” (ang. *cookbook medicine*). Niektórzy uważają, iż ścieżki kliniczne mogą ograniczyć kreatywność lekarzy, a przez to spowolnić rozwój nauk medycznych. Stosowane w ścieżkach klinicznych algorytmy uznawane są za zbyt duże uproszczenie medycyny by były przydatne.

Wydaje się jednak, iż wiele z tych obaw jest bezzasadnych. Ścieżki kliniczne tworzone są przede wszystkim dla najczęstszych, rutynowo wykonywanych przypadków. W tych sytuacjach kreatywność lekarza i tak zwykle nie jest wymagana, a usprawniona organizacja pozwoli lepiej skoncentrować się na trudniejszych, niestandardowych sytuacjach. Nikt nie zakłada, że ścieżki kliniczne obejmują 100% przypadków szpitalnych, zarówno ze względów medycznych, jak i ekonomicznych. Medycyna konfrontowana jest wciąż z nowymi albo bardzo rzadkimi rodzajami chorób, a oszczędności wynikłe z opracowania ścieżki dla rzadkiej choroby przeważnie nie zwracają kosztów jej utworzenia. Ścieżki kliniczne nie mają charakteru normatywnego, stanowią tylko zestaw zaleceń. Nie zdejmują one z lekarza obowiązku śledzenia postępów w procesie leczenia. W sytuacji, gdy spodziewane wyniki nie pokrywają się z faktycznym stanem pacjenta, lub gdy lekarz zna powody dla których powinna być podjęta inna decyzja niż ta opisana przez ścieżkę, schemat postępowania jest porzucany. Istotnym jest jednak by dokumentować powody podjęcia decyzji innych niż zalecane przez ścieżkę. Przyczyni się to w przyszłości do opracowania lepszych ścieżek. Obserwacje rozbieżności ścieżek ze stanem faktycznym lub analiza trudności w wybraniu optymalnej ścieżki prowadzi do formułowania pytań badawczych, a przez co promuje rozwój naukowej medycyny.

3.1.4. Interpretowalne komputerowo ścieżki kliniczne

Definicja ścieżki klinicznej nie wymaga jej komputerowej realizacji. Większość pierwszych, praktycznych wdrożeń ścieżek, jak również wiele wciąż działających projektów, przeprowadzono z wykorzystaniem papierowego obiegu dokumentów i wydrukowanych planów działania. Podyktowane jest to wieloma względami. Najczęściej stan infrastruktury informatycznej szpitala nie pozwala na komputerową realizację ścieżek klinicznych. Trudno mówić o komputerowych ścieżkach, gdy w szpitalu nie działa jeszcze elektroniczny rekord pacjenta, a dane medyczne zapisywane są w papierowych kartotekach. Innym uzasadnieniem nie podejmowania od razu informatyzacji ścieżek klinicznych jest ogrom pracy i ryzykowność takiego przedsięwzięcia. Samo wprowadzenie ścieżek pociąga za sobą zmianę sposobu pracy personelu szpitalnego, a to często spotyka się z dużym oporem środowiska. Wprowadzenie komputerów w prace szpitala, niezależnie od wdrożenia ścieżek klinicznych też jest dużym wyzwaniem. Dlatego w praktyce spotyka się najczęściej dwustopniową implementację ścieżek: najpierw wprowadza się papierową wersję, a dopiero po pewnym czasie, gdy ścieżka zostanie już zaakceptowana i sprawdzona w działaniu, rozpoczyna się proces jej informatyzacji [30]. Czynność ta jest podobnie złożona jak opracowanie papierowej wersji ścieżki. Jedynie w przypadku szpitali z ugruntowaną tradycją tworzenia ścieżek oraz dobrą infrastrukturą informatyczną można pokusić się o bezpośrednie wdrożenie skomputeryzowanych ścieżek klinicznych.

Poprzez pełną informatyzację ścieżek klinicznych rozumie się nie tylko dostępność komputerowych narzędzi do ich tworzenia, gdyż takie narzędzia mogą równie dobrze generować papierowe formularze ścieżek, ale integrację ścieżek z innymi narzędziami informatycznymi szpitala jak np. elektronicznym rekordem pacjenta, systemem rezerwacji sal operacyjnych (zarządzania zasobami), systemem finansowym (sprawozdawczość, rozliczenia z płatnikami, audyt) czy komunikacyjnym.

Interpretowalne komputerowo wytyczne i ścieżki kliniczne (ang. *computer interpretable guidelines*) można podzielić na:

- ścieżki pasywne (ang. *pull model*), w których to lekarz decyduje kiedy potrzebuje dodatkowej wiedzy i sam wyszukuje w systemie ścieżek klinicznych informację, która jest mu niezbędna.
- ścieżki aktywne (ang. *push model*), gdzie system informatyczny automatycznie stara się dostarczyć lekarzowi wiedzę przydatną mu w danej sytuacji klinicznej.

Przykładów technicznej realizacji aktywnych skomputeryzowanych ścieżek klinicznych jest wiele:

- Skomputeryzowane systemy ścieżek klinicznych mogą automatycznie wybrać lub zaproponować lekarzowi do wyboru konkretną ścieżkę na podstawie danych, jakie zostały wprowadzone do elektronicznego rekordu pacjenta. Jeżeli np. określona kombinacja kodów chorób, procedur medycznych oraz danych demograficznych pacjenta spełnia wymagania włączenia pacjenta do ścieżki, system generuje stosowny komunikat i umożliwia

zautomatyzowanie wielu czynności wykonywanych standardowo w systemie informatycznym dla tego rodzaju pacjentów. Dzięki temu możliwe jest zabezpieczenie się przed sytuacją „gubienia pacjentów” przez omyłkowy brak przypisania ich do ścieżki [30] oraz osiągana jest oszczędność czasu poświęconego na dokumentację.

- Dużym problemem we wdrożeniu pasywnych ścieżek klinicznych jest mobilizacja pracowników szpitala do ich przeglądania. Niezależnie od tego czy dostępne są w papierowej postaci, czy też elektronicznej (np. w intranecie szpitala) wiele osób nie jest świadomych ich istnienia lub treści, a przez co również się do nich nie stosuje [14][176]. Rozwiązaniem poprawiającym przestrzeganie ścieżek w modelu aktywnym jest ich implementacja w formie elektronicznych baz reguł. System informatyczny śledzi pracę użytkownika na komputerze i w stosownych momentach (np. przy wyborze leków, zlecaniu dalszych badań) wyświetla komunikat (ang. *reminder*) zgodny ze ścieżką [182]. Te komunikaty mogą pojawiać się w dodatkowym okienku wyświetlanym przed podjęciem decyzji, lub tylko w sytuacji, gdy następuje łamanie przyjętych w ścieżce zasad. Informatyczna realizacja reguł nie może oczywiście ograniczać decyzji pracownika służby zdrowia i jeżeli podejmie on decyzję by postępować inaczej niż zaleca ścieżka, powinno być to w prosty technicznie sposób możliwe do realizacji. Wskazane jest jednak w takiej sytuacji dostarczenie użytkownikowi mechanizmu zgłaszania powodów opuszczenia ścieżki.
- Wprowadzenie komputerowych ścieżek klinicznych wiąże się również z integracją dotychczas rozproszonych systemów komputerowych w szpitalu w celu sprawniejszej obsługi pacjentów z określonymi dolegliwościami [30]. Konieczna w tym wypadku implementacja brakujących interfejsów skutkuje redukcją do minimum konieczności logowania się do różnych systemów czy manualnego przenoszenia danych pomiędzy systemami. Zmiana ta często przyczynia się do dużego wzrostu efektywności pracy, poprawy jakości komunikacji oraz zadowolenia pracowników szpitala.

Komputerowe ścieżki kliniczne w porównaniu z ich papierowymi odpowiednikami posiadają również szereg dalszych zalet. Dla przykładu audyt przestrzegania ścieżek w formie papierowej jest bardzo czasochłonny i z tego względu często pomijany. Komputeryzacja ścieżek klinicznych pozwala natomiast w sprawny sposób raportować zgodność postępowania personelu szpitalnego ze ścieżkami. W przypadku licznych rozbieżności pomiędzy ścieżką a stanem faktycznym możliwa jest szybka analiza przyczyn oraz wprowadzenie ewentualnych zmian. Warto też zauważyć, iż skomputeryzowane ścieżki kliniczne są dużo prostsze w aktualizacji. Nie ma problemów z wycofywaniem i ponownym drukiem papierowych formularzy ścieżek. Ścieżki mogą być aktualizowane z dowolną częstotliwością nie powodując zwiększenia kosztów oraz organizacyjnego bałaganu w szpitalu.

3.1.5. Modele interpretowalnych komputerowo ścieżek klinicznych

Ścieżki kliniczne mogą być zapisywane przy pomocy uniwersalnych modeli reprezentacji procesów biznesowych typu *workflow* (ang. *Business Process Management*, BPM) lub też modeli dedykowanych do tworzenia ścieżek klinicznych.

3.1.5.1. Uniwersalne modele reprezentacji procesów

Istnieje obecnie wiele modeli procesów biznesowych. Jon Pyke, prezes organizacji WfMC (ang. *Workflow Management Coalition*) przewiduje, iż przyszłość należeć będzie do rozwiązań budowanych z wykorzystaniem standardów BPEL, BPMN, WfXML i XPDŁ [140]. BPEL (ang. *Business Process Execution Language*) jest specyfikacją języka do definiowania procesów wymiany danych pomiędzy usługami sieciowymi. Za jego pomocą mogą być opisywane zarówno abstrakcyjne procesy służące do ogólnej charakterystyki działania systemu informatycznego (ang. *programming in large*), jak i modele uruchomieniowe procesów, które są bezpośrednio wykonywane w środowiskach sieciowych. Założeniem twórców języka BPEL jest to, by był on niezależny od reprezentacji graficznej procesu. Specyfikacja BPMN (ang. *Business Process Modeling Notation*) określa sposób reprezentacji graficznej procesów biznesowych. Zastosowana notacja przypomina symbolikę znaną z diagramów aktywności UML, czy też klasycznych schematów diagramu przepływu (ang. *flowchart*) [73]. Pomimo podobnych nazw specyfikację BPEL i BPMN są niezależne. Istnieją metody przejścia z modeli BPMN na BPEL, lecz modele te nie są ze sobą na razie w 100% zgodne. WfXML stanowi rozszerzenie specyfikacji protokołu ASAP (ang. *OASIS Asynchronous Service Access Protocol*) i służy do kontroli uruchomienia procesów biznesowych, które mogą być znacząco rozciągnięte w czasie. Specyfikacja ta określa sposób wywoływania usług sieciowych pomiędzy różnymi środowiskami wykonawczymi, zapewnia monitorowanie statusu wykonania oraz informowania o zmianie stanu aplikacji. Ostatnia z polecanych przez Jona Pyke'a specyfikacji – XPDŁ (ang. *XML Process Definition Language*) – jest metodą wymiany graficznych, jak i semantycznych modeli procesów pomiędzy różnymi systemami.

3.1.5.2. Dedykowane ścieżkom klinicznym modele reprezentacji procesów

Na przestrzeni wielu lat badań nad komputerowymi wersjami wytycznych i ścieżek klinicznych powstał szereg dedykowanych im modeli. Systematyczne ich przeglądy można znaleźć między innymi w pracach [20][72][129][134][157][177]. Bardzo ogólny podział dokonuje rozróżnienia pomiędzy modelami koncentrującymi się na dokumencie ścieżki (ang. *document-centric approaches*) oraz budowanymi w oparciu o bazę wiedzy (ang. *knowledge base-centric approaches*) [157].

Pierwsza grupa obejmuje podejścia, w których ścieżka tworzona jest przez adnotację oryginalnych dokumentów tekstowych zawierających opis treści ścieżki. Przykładami modeli tej klasy są GEM (ang. *Guideline Elements Model*) [155], CPG-(R)A (ang. *Clinical Practice Guideline – Reference Architecture*) [18][75], Active Guidelines [171] czy HGML (ang. *Hypertext Guideline*

Markup Language) [56]. Adnotacje mogą być zapisywane bezpośrednio w dokumencie ścieżki albo w zewnętrznych plikach z odwołaniami do tekstu ścieżki. Forma adnotacji jest zróżnicowana wśród systemów tej klasy. Przeważają systemy znacznikowe projektowane jako dialekt standardu XML (np. specyfikacja GEM definiuje ponad 100 elementów XML do opisu ścieżki), jednakże są również podejścia wykorzystujące np. struktury formatu PDF [44].

Druga grupa, liczniejsza niż pierwsza, zakłada tworzenie na podstawie ścieżki baz wiedzy, która przez silniki uruchomieniowe (ang. *execution engines*) integrowana jest z systemami informatycznymi szpitala. Do najbardziej znanych modeli tej klasy należą Arden Syntax [66], EON [130], GLIF [11], SAGE [172], PROforma [48] i Asbru [154].

3.1.5.3. Elementy interpretowalnych komputerowo modeli ścieżek klinicznych

Sonnenberg i Hagerty [157] wyodrębnili siedem głównych elementów interpretowalnych komputerowo modeli ścieżek, które powtarzają się w wielu specyfikacjach. Należą do nich:

1. **Kryteria przydatności** (ang. *Eligibility Criteria*) – określają kogo i w jakich okolicznościach dana ścieżka dotyczy. Wśród nich można znaleźć kryteria włączania i wyłączania pacjenta z procesu medycznego zdefiniowanego daną ścieżką (ang. *Inclusion/Exclusion Criteria*). Włączenie (ew. wyłączenie) pacjenta z leczenia według ścieżki następuje w wyniku identyfikacji określonych zmian stanu elektronicznego rekordu pacjenta. Stosowane są również kryteria definiujące sytuacje wyjątkowe (ang. *Exceptions*) powodujące natychmiastowe przerwanie działania ścieżki oraz wyzwalacze (ang. *Triggers*), czyli zdarzenia aktywujące określone elementy ścieżek.
2. **Cele** (ang. *Goals*) – opisują wymagania, jakie należy spełnić aby można było uznać ścieżkę za wykonaną. Mogą to być na przykład osiągnięcie przez pacjenta określonego poziomu ciśnienia skurczowego krwi, czy wyleczenie przewlekłego wirusowego zapalenia wątroby.
3. **Czynności** (ang. *Actions*). Ze ścieżkami klinicznymi w sposób nierozzerwany związane są rekomendacje działań. Zalecane czynności mogą być wykonywane w świecie rzeczywistym przez pracowników szpitala, albo wirtualnie, w systemie informatycznym szpitala. Można wyróżnić:
 - i. Działania polegające na zbieraniu informacji dotyczących pacjenta (włączając w to zamawianie testów diagnostycznych),
 - ii. Działania terapeutyczne (np. zlecenie wykonania zabiegu, przepisanie leku),
 - iii. Przekazywanie komunikatów (dla lekarza, pacjenta)
 - iv. Czasowe zalecenie zaniechania działań – tzw. stan oczekiwania.

Czynności mogą być wykonywane sekwencyjnie, równoległe oraz cyklicznie/iteracyjnie (określoną liczbę razy). Z rekomendowanymi czynnościami często związane są dodatkowe materiały edukacyjne informujące o szczegółach zalecanych czynności, informacje na temat źródła zaleceń oraz jego wiarygodności (zgodnie z zasadami EBM) oraz stopnia pewności

proponowanego zalecenia w danej sytuacji (np. w systemach z logiką rozmytą – ang. *fuzzy logic*).

4. **Decyzje** (ang. *Decisions*) – wymagają wyboru pomiędzy alternatywnymi strategiami działania. Kryteria decyzji mogą być zapisywane w formie wyrażeń logicznych z klasycznego rachunku zdań. Możliwe są również bardziej złożone opisy podejmowania decyzji. Często stosowaną notacją w wyrażeniach logicznych jest rozwijany przez organizację HL7 język GELLO [160].
5. **Schematy klasyfikacyjne** (ang. *Classification Schemes*). Wiele ścieżek wykorzystuje we wspieraniu podejmowania decyzji rozmaite skale mierzące stan pacjenta i dokonujące oceny rozmaitych rodzajów ryzyka (np. *Pneumonia Severity Index*, *Glasgow Coma Scale*, *New York Heart Association Functional Classification*, *Minnesota Living With Heart Failure Questionnaire*, itd.). Systemy ścieżek klinicznych dostarczają mechanizmów reprezentacji tego rodzaju schematów klasyfikacyjnych, a często również ich automatycznego wyliczania.
6. **Stany pacjenta** (ang. *Patient States*). Ścieżki kliniczne „uruchamiane” w środowisku pracy informatycznego systemu szpitalnego powinny mieć dostęp do kontekstu klinicznego – czyli elektronicznej reprezentacji stanu pacjenta oraz otoczenia szpitalnego, w jakim pacjent się znajduje. Mnogość spotykanych w praktyce realizacji systemów elektronicznego rekordu pacjenta (EHR) sprawia, iż bardzo trudno zapewnić możliwość przenoszenia ścieżek pomiędzy różnymi systemami. Z tego względu coraz większą popularnością cieszy się pomysł odwoływania się z poziomu ścieżek do wirtualnego rekordu pacjenta (ang. *Virtual Medical Record*, vMR) [76]. Specyfikacja vMR definiuje abstrakcyjny model EHR zaakceptowany przez środowisko producentów systemów tej klasy. Praktyczne realizacje systemów EHR definiują interfejsy tłumaczące atrybuty vMR na pola lokalnego rekordu pacjenta. Dzięki odwoływaniu się elementów ścieżek przez atrybuty vMR można uzyskać zapewnienie uniwersalności ścieżki, gdyż mapowanie pomiędzy vMR a lokalnym EHR jest jednorazowo wykonywane w momencie wdrożenia vMR w konkretnym systemie szpitalnym. Niestety nie ma jeszcze zgody na szczeblu międzynarodowym co do ostatecznego kształtu modelu vMR, ale wiele wskazuje na to, że będzie to podzbiór klas i atrybutów referencyjnego modelu informacyjnego HL7 RIM³. Wspólna struktura danych pacjenta jest konieczna, ale niewystarczająca w zapewnieniu jednoznacznej reprezentacji ścieżek klinicznych. Niezbędne jest również stosowanie wspólnej terminologii. Dostęp do największej bazy terminologii medycznej zapewnia obecnie projekt UMLS [116][200]. W praktyce ścieżek klinicznych najczęściej stosuje się pojęcia z terminologii SNOMED CT, system LOINC oraz klasyfikacje medyczne organizacji WHO (np. ICD10, ICD9-CM).

³ HL7 RIM – (ang. *Reference Information Model*) – model obiektowy stworzony przez organizację HL7 w celu opisania dziedziny wymiany informacji w służbie zdrowia.

7. **Stany uruchomieniowe** (ang. *Execution States*). Interpretowalne komputerowo ścieżki kliniczne posiadają również struktury służące do zapisu aktualnego stanu wykonywania ścieżki klinicznej oraz wszystkich czynności dotychczas przeprowadzonych w ramach tej ścieżki. Stan uruchomieniowy nie jest tożsamy ze stanem pacjenta, gdyż na stan pacjenta może wpływać wiele czynników, które znajdują się poza kontrolą systemu wspomagania decyzji [177]. W przypadku wystąpienia rozbieżności między stanem pacjenta a stanem uruchomieniowym konieczne jest dokonywanie uaktualnień przez lekarza prowadzącego pacjenta według komputerowej ścieżki.

Innymi często spotykanymi elementami ścieżek klinicznych są struktury służące do zagnieżdżeń (ang. *nesting*) ścieżek klinicznych, umożliwiające prezentacje ich na różnych poziomach abstrakcji oraz z różnych perspektyw. Część modeli (np. SAGE [172]) posiada funkcję dołączenia do ścieżki nie tylko elektronicznego rekordu pacjenta ale również innych systemów z infrastruktury szpitalnej, takich jak system zleceń lekarskich (ang. *physician order entry system*), system zarządzania personelem i zasobami szpitala (ang. *clinical management system*), czy zewnętrznych systemów wiedzy (np. bazy interakcji leków lub bazy uczuleń). Istotnym elementem realizacji interpretowalnych komputerowo modeli ścieżek klinicznych jest budowa środowiska, w którym zaprojektowane ścieżki będą mogły być uruchamiane.

Temat ten stanowi aktualny przedmiot badań naukowych. W wyniku niedawno przeprowadzonego przeglądu publikacji naukowych dotyczących środowisk uruchomieniowych ścieżek klinicznych Isern i Moreno odnaleźli osiem systemów tej klasy [72]. Przedstawione w tych pracach rozwiązania można podzielić na dwie klasy: systemy sterowane wydarzeniami (ang. *event-based*) i bazujące na regułach (ang. *rule-based*). Pierwsza klasa (do której należą systemy SpEM, GLEE, HeCaSe2 i SAGE) umożliwia asynchroniczną integrację środowiska z infrastrukturą szpitala, podczas gdy druga klasa (reprezentowana przez NewGuide, GLARE, DeGeL i ArezzoTM) może być jedynie synchronicznie odpytywana przez zewnętrzne systemy. Oceniane środowiska wykonawcze interpretowały albo znane wcześniej modele komputerowych ścieżek klinicznych (takie jak PROforma, GLIF, SAGE, Asbru) lub definiowały swój własny model ścieżek (np. system GLARE). Co ciekawe, w chwili pisania publikacji przez zespół Isern i Moreno [72], żaden z przedstawionych systemów nie został jeszcze wdrożony w praktyce działania szpitala (za wyjątkiem ArezzoTM, którego praktyczne wdrożenie wykorzystuje tylko drobną część możliwości środowiska). Świadczy to o wciąż wczesnym etapie rozwoju systemów tej klasy.

3.1.6. Która specyfikacja ścieżek klinicznych jest najlepsza?

Porównując modele dedykowane do reprezentacji ścieżek klinicznych z ogólnymi modelami procesów biznesowych należy zauważyć, iż specyfikacje biznesowe są na ogół dużo lepiej sprawdzone w różnego rodzaju praktycznych zastosowaniach, oraz dostępna jest dla nich szeroka gama oprogramowania wspomagającego ich modelowanie, uruchamianie i monitorowanie. Oczywiście

wadą modeli ogólnych jest brak dostosowania specyfikacji do cech charakterystycznych dla ścieżek klinicznych, jak na przykład połączenie z EHR czy systemem zleceń lekarskich, uwzględnienie niepewności rozpoznań, wiarygodności zaleceń, odwołań do literatury naukowej czy wsparcie dla różnych systemów terminologii medycznej.

Pomimo wielu prób wciąż daleko jest do przyjęcia wspólnego, powszechnie akceptowalnego standardu zapisu danych ścieżek. Wielu ekspertów uważa, iż powstanie takiego standardu nigdy nie będzie możliwe ze względu na mnogość różnych, często wzajemnie wykluczających się oczekiwań względem modeli ścieżek [75][155][172]. Dodatkowym problemem związanym z pracami nad wspólnym modelem ścieżek jest fakt, iż wiele z nich powstaje jako efekt projektów naukowych, których czas trwania jest ograniczony. Opracowane w czasie takich projektów, dobrze rokujące rozwiązania, po zakończeniu finansowania projektu badawczego często przestają być dalej rozwijane i szybko tracą na znaczeniu. Rozwiązaniem powyższego problemu wydaje się być koncentracja uwagi na specyfikacjach promowanych przez duże organizacje standaryzacyjne – jak np. WfMC czy HL7. Przedstawiciele władz HL7 sugerują wręcz, by porzucić nadzieje na opracowanie jednej specyfikacji interpretowalnych komputerowo ścieżek klinicznych na rzecz opracowania wspólnych modeli danych klinicznych, wyrażeń logicznych oraz terminologii (takich jak HL7 RIM, vMR, GELLO czy SNOMED) oraz dopuścić współistnienie kilku równoległych standardów ścieżek klinicznych, z których każdy dostosowany będzie do potrzeb innego zastosowania [75]. W roku 2004 zgodne z propozycjami HL7 było stosowanie Arden Syntax do realizacji prostych, jednokrokových decyzji, stosowanie GLIF do złożonych, wielokrokových, rozciągniętych w czasie ścieżek klinicznych oraz GEM oraz CPG-(R)A do modeli opartych na dokumentach [75]. W podejmowaniu decyzji odnośnie stosowanych specyfikacji warto również pamiętać o zaleceniach WfMC, które rekomendują standardy BPML, BPMN, WfXML i XPDL [140].

3.2. Projekt >>mipp> jako punkt wyjścia powstania nowego systemu ścieżek klinicznych

3.2.1. Ścieżki kliniczne w szpitalu kantonowym w Aarau

Z wielu praktycznych wdrożeń pomysłu ścieżek klinicznych w szpitalach na całym świecie wybrano jeden, by omówić go bardziej szczegółowo. Wybrane studium przypadku pochodzi ze szpitala kantonowego w Aarau w Szwajcarii. Autor pracy miał okazję w roku 2006 samodzielnie obserwować działanie tego systemu, w ramach swojego trzymiesięcznego stażu naukowego w Konfederacji Szwajcarskiej na Uniwersytecie w Zurychu. Zaproponowane w tym czasie przez autora pracy rozszerzenia modelu szwajcarskiego stały się początkiem systemu Bit Pathways.

Szpital kantonowy Aarau (Rys. 6) jest największym szpitalem w szwajcarskim kantonie Argowia. Szpital jest spółką akcyjną, której właścicielem są władze kantonu. Zatrudnia blisko 3000 pracowników (z tego około 500 lekarzy). Rocznie przyjmuje ambulatoryjnie ponad 300.000 pacjentów, a ok. 20.000 jest hospitalizowanych. W roku 2005 szpital wypracował

6,8 mln franków (CHF) zysku. Projekt wdrożenia w szpitalu ścieżek klinicznych rozpoczął się 1. lipca 2000 roku. Opracowany w wyniku tego projektu model nazwany został >>mipp>® (niem. *Modell integrierter Patientenpfade*) [62]. Prace nad ścieżkami rozpoczęto od konstrukcji 11 ścieżek. W czasie pobytu autora pracy w Aarau ukończonych było 118 ścieżek (22 medycyna ogólna, 77 chirurgia, 12 ginekologia, 7 pediatria), które pokrywały 40% przyjęć szpitalnych.

Model >>mipp> to przede wszystkim metodologia tworzenia ścieżek oraz sposób ich wykorzystania jako narzędzie rozliczeń finansowych i kontrolingu⁴ w szpitalu. Proces tworzenia ścieżek klinicznych podzielono w Aarau na cztery fazy: przygotowawcza, główna, wdrożenia, utrzymania – rozdzielane przez trzy całodziennie spotkania wielodyscyplinarnej grupy projektowej odpowiedzialnej za tworzenie ścieżki [62]. Spotkania odbywają się zawsze przy udziale odpowiedzialnych za konkretną ścieżkę lekarzy, pielęgniarek, specjalistów od zarządzania szpitalem, przedstawicieli projektu >>mipp> oraz – w razie zapotrzebowania – również specjalistów innych dziedzin, takich jak pracownicy laboratoryjni, radiolodzy, fizjoterapeuci, informatycy, itd.



Rys. 6. Widok na szpital kantonowy w Aarau z lotu ptaka wraz z identyfikatorem autora pracy z czasu, gdy odbywał staż naukowy w Szwajcarii

Pod względem technicznym ścieżki modelu >>mipp> zrealizowane zostały przy użyciu szeregu narzędzi ogólnego przeznaczenia. Dane ścieżek zapisywane były w rozbudowanej bazie stworzonej w systemie Microsoft Access, schematy algorytmów tworzone były w programach Microsoft Power Point albo Microsoft Visio i zapisywane jako pliki binarne w bazie danych. Ścieżki udostępnione były w intranecie szpitalnym za pomocą technologii Microsoft ASP w postaci wydruków PDF raportów z bazy Access.

⁴ Kontroling obejmuje czynności związane z planowaniem i kontrolą przebiegu procesów ekonomicznych w konkretnej organizacji zmierzających do osiągnięcia wyznaczonych celów.

Wprowadzenie ścieżek klinicznych w Aarau przyniosło z sobą szereg korzyści dla pracowników szpitala, jego zarządu, płatników a także pacjentów. Poprawiła się przejrzystość procesu leczenia, współpraca pomiędzy poszczególnymi grupami zawodowymi, zaobserwowano również pozytywny wpływ na dokumentację medyczną. Ścieżki kliniczne służyły do rozliczeń finansowych szpitala, planowania budżetowego oraz jako narzędzie kontrolingu. Dzięki ścieżkom klinicznym możliwe stało się również porównywanie wydajności procesów leczenia w szpitalu z wynikami osiąganymi w sąsiednich placówkach (ang. *hospital benchmarking*).

3.2.2. System Bit Pathways jako rozszerzenie modelu >>mipp>

W czasie trzymiesięcznego stażu w Aarau zadaniem autora pracy było prześledzenie działania systemu >>mipp> i zaproponowanie jego ewentualnych ulepszeń [95]. Przeprowadzono szereg rozmów z osobami odpowiedzialnymi za projekt, prześledzono zbiór ścieżek oraz zanalizowana została dokumentacja projektu. Autor miał również możliwość uczestniczenia w jednym ze spotkań grupy roboczej odpowiedzialnej za budowę ścieżek.

Pierwszą rzeczą, która zwróciła uwagę było bardzo luźne powiązanie elementów informatycznych systemu między sobą. Podchodząc bardzo pragmatycznie do zadania tworzenia ścieżek zespół >>mipp> zdecydował się wykorzystywać narzędzia ogólnego przeznaczenia (takie jak Microsoft Power Point i Microsoft Visio) do tworzenia graficznych reprezentacji algorytmów postępowania objętych ścieżką. Pomimo dostrzeganej początkowo zalety polegającej na wykorzystywaniu prostych w obsłudze, ogólnodostępnych narzędzi, praktyka ta pozwalała na zbyt dużą dowolność w wyznaczaniu algorytmów. Powstałe ścieżki znacząco różniły się w stosowanej notacji między sobą, co czyniło je trudnymi w porównaniu. Jeszcze większy problem stanowił fakt, iż reprezentacja graficzna zapisywana była w bazie danych jako plik binarny, a komponenty graficzne nie były w żaden techniczny sposób powiązane z ich reprezentacją w relacyjnej bazie danych (Microsoft Access). Doprowadziło to dość szybko do problemów ze spójnością danych, gdy po naniesieniu poprawek w ścieżkach część danych poszczególnych komponentów przestała odpowiadać reprezentacji graficznej algorytmu.

Drugi zauważony problemem dotyczył funkcjonalności systemu jako narzędzia edukacyjnego, a nie tylko pomocy w zarządzaniu szpitalem. W założeniach ścieżek >>mipp> było bowiem również poprawienie wiedzy pracowników szpitala i pacjentów na temat procedur odbywających się w szpitalu. Tymczasem wydruki dostarczane przez system (Rys. 7), pomimo, iż zawierają bardzo dużo szczegółowych informacji, były trudne do wykorzystania jako pomoc w nauce. Z tego też względu, jak przyznawali sami twórcy ścieżek, obrazy ścieżek dostępne w intranecie nie cieszyły się zbyt dużą popularnością wśród pracowników medycznych szpitala. Wymogiem nałożonym przez kierownictwo projektu >>mipp> było, iż zaproponowane rozwiązanie nie może (ze względu na wsteczną kompatybilność i istotność danych) zmieniać wewnętrznej struktury bazy >>mipp>.

Praktische Pfadarbeit

Patientenpfade

Kantonsspital
Aarau

Komponentenbeschreibung

Komponenten-Titel: ANE: Prämedikation: DEMO 01, Hüft-TP einseitig
 Komponenten-Nummer: BAND0101

1. Leistungsstelle: 2200 Anästhesie

2. Leistungsbeschreibung:

3. Eckwerte zur
Prozessqualität:

4. Bearbeitung: Name Abteilung
 Bissat Dr. K. »mipp«

5. Leistungseinheiten:

Pos	Leistung	Beschreibung	Anzahl	Einheit	Total Menge	Gew. %	Gew. Menge	Kosten p.Einh.	Total in €
1	LAAN0005	Atteststudium	1	5 Min	5	100	5.0	1.10	5.50
2	LAAN0011	Patientengespräch	1	10 Min	10	100	10.0	1.10	11.00
3	LAAN0051	Prämedikationsverordnung	1	5 Min	5	100	5.0	1.10	5.50
4	LAAN0041	Fahrerstellung Anästhesie-Oberarzt	2	10 Min	20	20	4.0	1.10	4.40
5	LAAN0055	Begleitung mit Abteilungspersonal	1	5 Min	5	100	5.0	1.10	5.50
6	LAAN0061	Eintrag in OP-Plan	1	5 Min	5	100	5.0	1.10	5.50
Komponenten Total:									37.40
davon KST-Leistungen (L):									34.0
davon Punkte (P):									0.0
davon Material (M):									0.0
davon übrige Leistungen (U):									0.0

112

Praktische Pfadarbeit

Patientenpfade

Kantonsspital
Aarau

Komponentenbeschreibung

Komponenten-Titel: ANE: Allg. anästh. (30%) für DEMO 01, Hüft-TEP einseitig
 Komponenten-Nummer: BANE0101

1. Leistungsstelle: 2200 Anästhesie

2. Leistungsbeschreibung:

Anm: ca. 75% haben Eigenblut, in präop. Sprechstunde aufgenommen!
 Eigenblut wird immer retransfundiert Pos. 4: alle nicht problematischen Fälle (10%) Pos. 7: inkl. DK und zweite Infusion Pos. 15: Cell-saver nur in 5 % in Aktion! Pos. 19: Labor (pH, Quick, PTT) in 25% Pos. 20: Fremd-FFP in 10% Pos. 21: zwei Beutel Fremdblut in 25%

3. Eckwerte zur
Prozessqualität:

4. Bearbeitung: Name Abteilung
 Bissat Dr. K. »mipp«

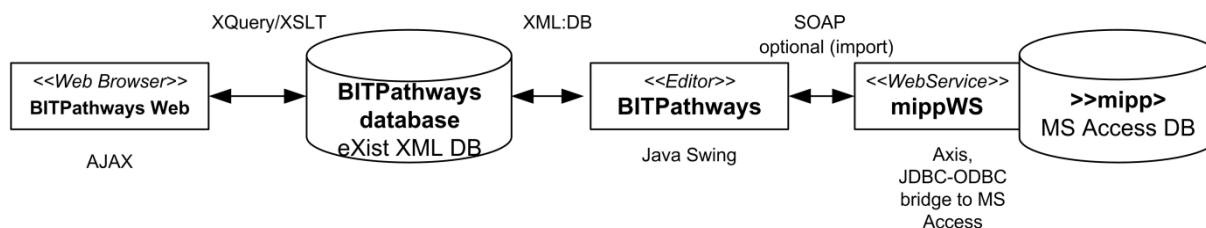
5. Leistungseinheiten:

Pos	Leistung	Beschreibung	Anzahl	Einheit	Total Menge	Gew. %	Gew. Menge	Kosten p.Einh.	Total in €
1	LAAN0000	Materialvorbereitung	1	30 Min	30	100	30.0	1.10	33.00
2	LAAN0001	Patientenvorbereitung	2	5 Min	10	100	10.0	1.10	11.00
3	LAAN0231	Einleitung: orotracheale Intubation	2	10 Min	20	90	18.0	1.10	19.80
4	LAAN0233	Einleitung: fiberoptisch assistierte Intubation	2	35 Min	70	10	7.0	1.10	7.70
5	LAAN0104	Zentralvenöser Druck	2	20 Min	40	10	4.0	1.10	4.40
6	LAAN0103	Invasiv-arterieller Druck	2	10 Min	20	20	4.0	1.10	4.40
7	LAAN0404	Anästhesie während Operationsvorbereitung	2	30 Min	60	100	60.0	1.10	66.00
8	LAAN0218	Anästhesie während Schnitt-Nahzeit, inkl. Verband	1.5	120 Min	180	100	180.0	1.10	198.00
9	LAAN0621	Anästhesie während Prä-Transport, Nachbehandlung	2	5 Min	10	100	10.0	1.10	11.00
10	LAAN0403	Anästhesie während weiterer Massnahmen (Gips, Röntg. etc.)	1	20 Min	20	100	20.0	1.10	22.00
11	LAAN0713	Anästhesieumleitung 3	2	20 Min	40	100	40.0	1.10	44.00
12	LAAN0241	Anästhesieumleitung während Ausschleusen Patient	1	10 Min	10	100	10.0	1.10	11.00
13	LAAN0802	Rapport/Übergabe: wacher Patient	1	5 Min	5	100	5.0	1.10	5.50
14	LAAN0731	Leistungserfassung	1	5 Min	5	100	5.0	1.10	5.50
15	LAAN0802	Gründung/Verbrauchsmaterial ersetzen, lang	1	15 Min	15	100	15.0	1.10	16.50
16	LAAN0154	Einsetzen Cell-Saver	1	30 Min	30	5	1.5	1.10	1.65
17	MAAN0001	Cell-saver/Reservoir	1	1 Stk	1	5	0.1	100.00	5.00
18	MAAN0002	Cell-saver/Filter	1	1 Stk	1	5	0.1	220.00	11.00
19	TJAN0009	Labor: gerätespezifische Aufstellung	1	50 TP	50	25	12.5	0.47	5.87
20	MMED0490	FFP Fresh frozen Plasma	2	1 Stk	2	10	0.2	128.00	25.20
21	MBLT0003	Fremdblut (Eo-Konzentrat, Beutel)	2	1 Stk	2	25	0.5	210.00	105.00
Komponenten Total:									613.53
davon KST-Leistungen (L):									419.5
davon Punkte (P):									5.87
davon Material (M):									146.20
davon übrige Leistungen (U):									9.00

113

Rys. 7. Trudno czytelna forma dotychczasowej prezentacji opisów dwóch przykładowych komponentów w ścieżce modelu >>mipp> dotyczącej wszczepienia endoprotezy biodra - czynności wykonywane przez anestezjologa przy znieczuleniu [62]

Utworzony przez autora w czasie wzmiankowanego stażu prototyp systemu Bit Pathways [95] pobierał dane z bazy projektu >>mipp> za pomocą interfejsu zrealizowanego w technologii Web Service (Rys. 8).

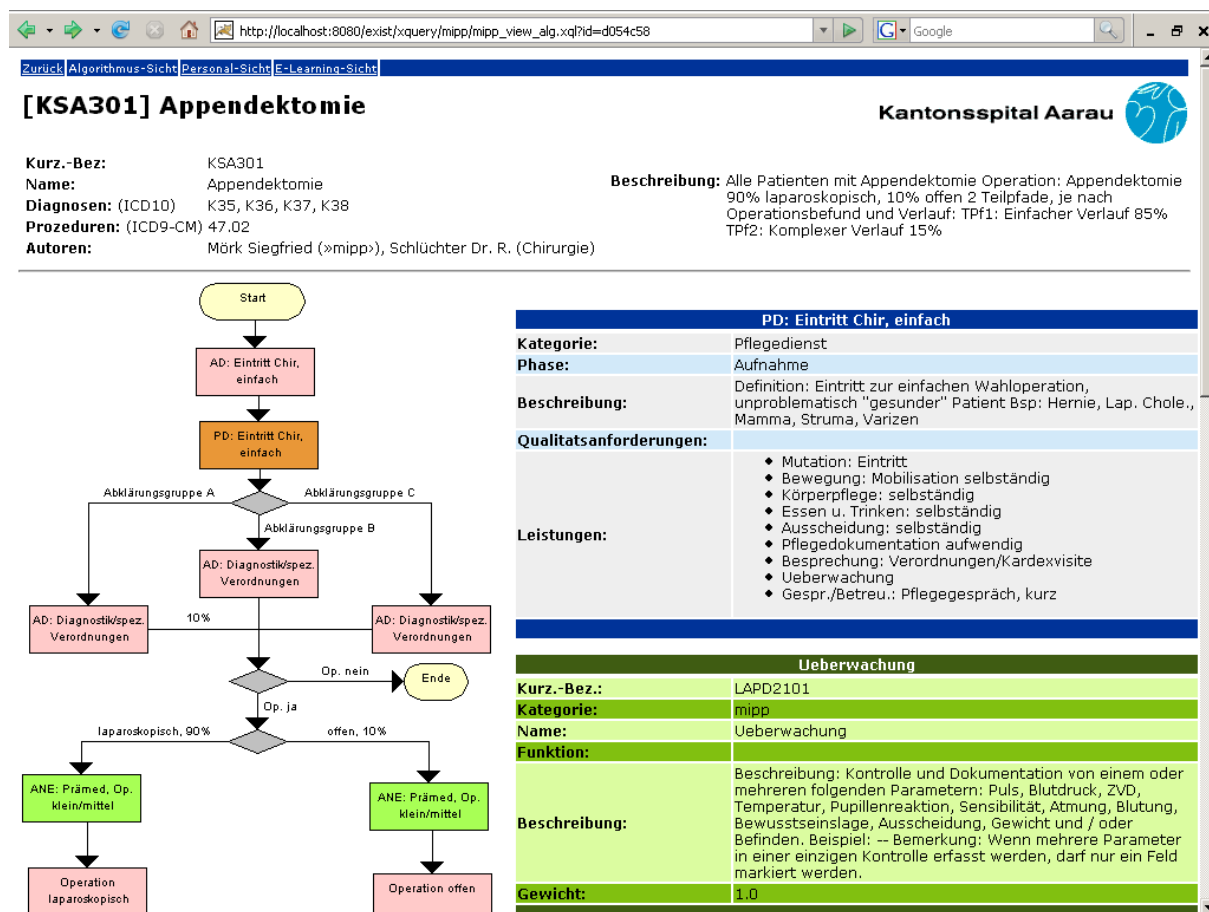


Rys. 8. Model integracji prototypu systemu Bit Pathways z systemem >>mipp> [95]

Wyeksportowane dane ścieżki przenoszone były do utworzonego przez autora pracy graficznego edytora Bit Pathways, gdzie podlegały edycji. Przy eksporcie ścieżek konieczna była między innymi ręczna rekonstrukcja połączeń pomiędzy komponentami algorytmu, gdyż takie dane nie były dostępne w bazie >>mipp>. Po zakończeniu edycji dane ścieżki zapisywane były w nowym formacie w

natywnej⁵ bazie XML skąd użytkownicy mogli korzystać ze ścieżek klinicznych za pomocą zwykłej przeglądarki internetowej (Rys. 9).

Wybór za pomocą wskaźnika myszy komponentów w oknie przeglądarki powodował dynamiczne pobranie opisu komponentu z serwera (technologia AJAX) oraz wyświetlenie go po prawej stronie schematu ścieżki (Rys. 9, tekst na niebieskim tle). Aktywacja poszczególnych świadczeń szpitalnych (niem. *Leistungen*) powodowała pobranie z serwera bardziej szczegółowego opisu czynności (Rys. 9, tekst na zielonym tle).



Rys. 9. Widok eksportowanej z systemu >>mipp> do systemu Bit Pathways ścieżki klinicznej dotyczącej zabiegu wycięcia wyrostka robaczkowego

System Bit Pathways przez cały czas istnienia był niezależny od modelu >>mipp>. Funkcja importu do systemu Bit Pathways ścieżek >>mipp> stanowiła dodatkową funkcjonalność systemu, która po zakończeniu przez autora pracy stażu naukowego w Aarau przestała być uaktualniana.

⁵ Dokumenty XML można zapisywać albo w zwykłych relacyjnych systemach baz danych dostosowanych do obsługi tego formatu dokumentów przez dodatkowo instalowane moduły (ang. *XML-enabled databases*), albo w specjalnych dedykowanych do zapisu danych XML systemach baz danych zwanych potocznie natywnymi bazami XML (ang. *Native XML databases*).

3.3. Edukacyjne ścieżki kliniczne

Przedstawiona w punkcie 3.1 mnogość definicji ścieżek klinicznych i ich zastosowań oraz doświadczenia zdobyte w trakcie praktyki w szpitalu w Aarau (opisane w punkcie 3.2) doprowadziły do wniosku o konieczności wprowadzenia nowego, bardziej precyzyjnego terminu opisującego ścieżki przeznaczone do celów edukacyjnych.

Edukacyjną ścieżką kliniczną (ESK) nazwany będzie wariant ścieżki klinicznej, którego głównym celem jest edukacja, a nie reorganizacja pracy szpitala. Edukacyjna ścieżka kliniczna, podobnie jak w przypadku pojęcia w stosunku do niej nadrzędnego, opisuje w sposób ustrukturyzowany pewien proces medyczny. Proces ten przebiega w określonym czasie, dotyczy określonej grupy pacjentów, a jego przebieg opisuje wykaz czynności do wykonania oraz kryteria decyzyjne różnicujące sposób postępowania w zależności od określonych warunków. Przy budowaniu ścieżki istotne jest korzystanie z wytycznych medycznych i wiarygodnych publikacji naukowych, przy jednoczesnym uwzględnieniu lokalnych uwarunkowań oraz interdyscyplinarnego charakteru procesu leczenia.

Nadrzędnym celem tworzenia ścieżki edukacyjnej w porównaniu z klasyczną ścieżką kliniczną jest wartość edukacyjna zawartego w niej materiału. Ścieżka kliniczna o takim przeznaczeniu przestaje być narzędziem zarządzania w służbie zdrowia poprawiającym jakość usług, rentowność szpitala czy wdrożenie nowego standardu i staje się formą (e-)nauczania medycyny. Istniejące już ścieżki kliniczne, przez ich nader sformalizowany charakter lub szczegółowość, są często zbyt trudne lub monotonne dla osób pragnących kształcić się za ich pomocą, co zaobserwowano choćby w zaprezentowanym w podrozdziale 3.2 przykładzie z Aarau.

Edukacyjna ścieżka kliniczna może być przeznaczona dla wielu grup odbiorców. Nie zakłada się przy tym dużej wiedzy i bogatego doświadczenia użytkownika takiej ścieżki. Edukacyjne ścieżki kliniczne, w porównaniu z klasycznymi, charakteryzują się większą liczbą opisów dostosowanych do poziomu odbiorcy, multimedialnością, elementami interaktywnymi ułatwiającymi naukę oraz mniej zaawansowanym poziomem technicznej szczegółowości.

Podobnie jak klasyczne ścieżki kliniczne, również ścieżki edukacyjne mogą (ale nie muszą) być interpretowane komputerowo. Komputerowe uruchomienie takiej ścieżki ma jednak inne znaczenie niż przedstawiono to w punkcie 3.1.4 tej pracy przy okazji omawiania interpretowanych komputerowo tradycyjnych ścieżek klinicznych. W ujęciu tradycyjnym ścieżki są integrowane z systemem informatycznym szpitala i służą do sterowania procesem dokumentacji medycznej i zleceń lekarskich lub do wyświetlania komunikatów przypominających lub ostrzegających o wykryciu określonych sytuacji klinicznych. W przypadku edukacyjnych ścieżek klinicznych uruchomienie następuje w środowisku edukacyjnym – np. pod kontrolą platformy e-learningowej. Integracja ścieżki z platformą edukacyjną umożliwia raportowanie aktywności studenta, ocenienie jego pracy oraz dostosowywanie sposobu prezentacji do preferencji osoby uczącej się na podstawie informacji znajdujących się już w środowisku uruchomieniowym.

Treść ścieżki edukacyjnej może być przedstawiona w wielu postaciach, ale zawsze musi być dostępny widok algorytmiczny (w formie diagramu blokowego), dający ogólny obraz większej części schematu decyzyjnego. W porównaniu z „tradycyjnymi ścieżkami”, w których często rezygnowano z form algorytmicznych, przedstawiając zalecenia wyłącznie w postaci tabelarycznych formularzy lub „jednowymiarowych” tekstowych komunikatów wyświetlanych w określonych sytuacjach klinicznych, jest to duża zmiana.

Autorami ścieżek nie muszą być już grupy eksperckie. Zadania tego mogą podjąć się nawet początkujący studenci medycyny. Tworzenie ścieżki może być celem samym w sobie. Utworzona ścieżka, aby być uznana za skuteczną, nie musi być wdrożona w praktyce szpitala, gdyż oczekiwany przyrost wiedzy może wystąpić już w momencie wyznaczania ścieżki przez zespół autorski w czasie trwania ćwiczeń z ich konstrukcji. Wiedza, którą w ten sposób się zdobywa nie tylko dotyczy aspektów merytorycznych (zdobycie wiedzy na temat jednostki chorobowej, przedstawionej za pomocą algorytmu), ale również metodologicznych (zdobycie wiedzy na temat sposobu budowy ścieżek, która może przydać się w przyszłej praktyce zawodowej w szpitalu).

Formuła edukacyjnych ścieżek klinicznych nie jest zamknięta. Dobrze skonstruowana edukacyjna ścieżka kliniczna może być etapem pośrednim w budowie innych materiałów opierających się na wiedzy dotyczącej procesów klinicznych – np. tradycyjnych (komputerowych) ścieżek klinicznych, systemów ekspertowych czy innych form edukacyjnych, np. wirtualnych pacjentów.

W dalszej części pracy przedstawiono szczegóły zaproponowanych przez autora trzech scenariuszy edukacyjnych wykorzystujących ścieżki kliniczne. Weryfikacja ich skuteczności w środowisku programu Bit Pathways będzie przedmiotem rozdziału 8 niniejszej pracy. W aneksie 10.1 omówiono znane autorowi przykłady wykorzystania ścieżek do celów podobnych do opisanych w scenariuszach. Chodzi tu o podkreślenie ważności poruszanych tematów i uzasadnienie zapotrzebowania na tego typu rozwiązania. Warto jednak zaznaczyć, iż żaden z przedstawionych materiałów ani systemów nie jest przystosowany do pełnej realizacji zaproponowanych w tej pracy scenariuszy. Przedstawienie w tej części planów edukacyjnych i istniejących rozwiązań jest wprowadzeniem do bardziej formalnej analizy wymagań budowanego systemu, która będzie przeprowadzona w kolejnym rozdziale pracy.

3.3.1. Scenariusz 1: Wyszukiwanie informacji w gotowych edukacyjnych ścieżkach klinicznych

Poważnym problemem, z jakim często spotykają się lekarze (i nie tylko oni), jest konieczność natychmiastowego dostępu do potrzebnej wiedzy w miejscu pracy. Może tak być na przykład podczas wizyty ambulatoryjnej pacjenta, gdy lekarz musi dokonać wyboru właściwego leku i jego dawki, zdecydować o kolejności wykonywania badań diagnostycznych, koniecznych do sprawdzenia hipotez diagnostyki różnicowej, a ma na to dosłownie kilka sekund (wizyty ambulatoryjne trwają zwykle 5, maksymalnie 10 minut). Zaprezentowane przykłady wiedzy można określić mianem wiedzy proceduralnej. Wiedza proceduralna wspomaga rozwiązywanie konkretnych, spotykanych w praktyce problemów i należy ją odróżnić od wiedzy koncepcyjnej wyjaśniającej znaczenie pojęć [152]. Jeżeli lekarz nie dysponuje wiedzą proceduralną potrzebną w danej chwili lub nie jest jej pewien, poszukiwanie informacji w tradycyjnych podręcznikach lub publikacjach naukowych nie jest możliwe ze względu na ograniczenia czasowe. W takiej sytuacji zacerpnięcie informacji ze ścieżki klinicznej wydaje się bardzo dobrym rozwiązaniem, gdyż można ją uzyskać za pomocą telefonu lub urządzenia mobilnego (np. tabletu iPad) w bardzo szybki i dyskretny sposób. Ten rodzaj pozyskiwania informacji można zakwalifikować do grupy metod nauki „Just-in-Time” [17][135].

Medycyna jest dziedziną wiedzy, w której kształcenie ustawiczne od dawna uznawane jest za konieczność. Ze względu jednak na duże obciążenia, wynikające z intensywnej pracy, niekiedy nawet w kilku jednostkach medycznych jednego dnia, wielu lekarzy nie ma czasu na regularne przeglądanie medycznej prasy naukowej lub uczestniczenie w szkoleniach. Systemy „Just-in-Time” w medycynie minimalizują te trudności, dając lekarzowi możliwość poszerzenia wiedzy przy okazji wykonywania rutynowych czynności w szpitalu.

W pierwszym scenariuszu badane będą możliwości wykorzystania edukacyjnych ścieżek klinicznych do zapewnienia na żądanie lekarza/studenta medycyny dostępu do aktualnych danych dotyczących przyjętych metod leczenia różnych jednostek chorobowych. W aneksie 10.1.1 prezentowane są dwa przykłady przeprowadzonych już prób wspomagania pracy lekarzy przez dostęp do wiedzy proceduralnej w trybie „Just-in-Time”. Pierwszy przedstawia książki autorstwa J. Ginsberga, w których wiedza medyczna przedstawiona jest w formie algorytmicznej [51]. Drugi przykład dotyczy projektu „Map of Medicine” [164], w ramach, którego stworzono dużą kolekcję komputerowych diagramów blokowych obejmującą 350 tematów dostępną bezpłatnie dla pracowników brytyjskich szpitali. W żadnej z analizowanych prac dotyczących tego scenariusza nie znaleziono informacji na temat skuteczności tej formy prezentacji wiedzy medycznej.

3.3.2. Scenariusz 2: Tworzenie ścieżek przez studentów na podstawie publikacji medycznych

Promowaną obecnie przez wielu teoretyków nauczania metodą edukacyjną jest uczenie się aktywne (ang. *active learning*) [127]. W przeciwieństwie do modeli pasywnych (nauczanie behawioralne), w których rolą ucznia jest bierne odbieranie bodźców przekazywanych mu przez nauczyciela, w scenariuszach aktywnego uczenia się student samodzielnie konstruuje swój własny subiektywny obraz przedmiotu nauczania (jest to tzw. konstruktywistyczny model nauczania) [125]. Zmienia się również rola nauczyciela, który porzuca pozycję „wszystkowiedzącego mentora”, by stać się doradcą studenta oraz twórcą motywującego środowiska nauczania. Student jest sam odpowiedzialny za swój proces edukacyjny i nim kieruje (ang. *self-directed learning*) [39]. Wyrobienie w studencie nawyku samodzielnej nauki bardzo przydaje się w późniejszym życiu zawodowym, w którym kształcenie ustawiczne (dotyczy to w szczególności medycyny) od dawna uznawane jest za konieczność. Za szczególnie efektywną uważa się naukę w grupie, gdy studenci wzajemnie wspierają się w rozwiązaniu wspólnego problemu (ang. *collaborative learning*).

Wszystkie opisywane powyżej elementy uwzględniono w drugim zaproponowanym scenariuszu wykorzystania edukacyjnych ścieżek klinicznych. Studenci pracujący w grupie na podstawie wiarygodnych i aktualnych publikacji naukowych konstruuja własną reprezentację graficzną procesu diagnostyki i leczenia określonej jednostki chorobowej. Proces transformacji tekstu do postaci ścieżki edukacyjnej wymaga od studentów dużego zaangażowania, gdyż konieczny jest wybór najważniejszych informacji do wizualizacji, chronologiczne ich uporządkowanie, podział na kategorie i uwzględnienie różnych wariantów postępowania. Praca w grupie wymaga od studentów dodatkowo uzgodnienia różnych sposobów rozumienia czytanego tekstu. Zaproponowany scenariusz edukacyjny można realizować na różnych poziomach trudności. Najprostszy ze sposobów polega na wizualizacji pojedynczej publikacji naukowej, wybranej do tego celu przez prowadzącego zajęcia. W najtrudniejszym przypadku tworzone edukacyjne ścieżki kliniczne zbliżone są pod względem merytorycznym do ścieżek rzeczywistych – opracowywane są na podstawie wyczerpującego przeglądu aktualnej literatury naukowej i znajomości praktyki klinicznej.

Na ogół uważa się, że przedstawianie wiedzy w różnych postaciach sprzyja jej zrozumieniu [127]. Produkt podsumowania wiedzy w postaci graficznej – jak w zaproponowanym powyżej scenariuszu – nazywany jest graficznym organizatorem (ang. *graphical organizers*) [131][180]. Przykładami podtypów graficznych organizatorów są mapy wiedzy, mapy pojęć, sieci semantyczne, diagramy blokowe, wykresy pajęczynowe, hierarchie, drzewa, diagramy Ishikawy czy nawet pewne formy tabel i list. Wiedza zdobywana dzięki graficznym organizatorom jest tym trwalsza, z im głębszym poziomem przetwarzania informacji się wiąże (teoria poziomów przetwarzania Craika i Lockharta [31]). Uważa się, iż proste metody nauki pamięciowej – np. przez powtarzanie tekstu (przepisywanie, powtarzanie na głos) – w dłuższej perspektywie czasu nie są korzystne, gdyż prowadzą do wiedzy krótkotrwałej i braku zrozumienia związków pomiędzy

posiadanymi informacjami [34]. Doświadczenia wykazują natomiast, iż konstruowanie graficznych organizatorów, takich jak mapy pojęć czy sieci semantyczne, prowadzi do trwałej wiedzy, gdyż wymagają one studenta wyższego stopnia przetwarzania informacji [35].

Wśród często wskazywanych wad nauki z wykorzystaniem graficznych organizatorów wymieniana jest duża czasochłonność przygotowania diagramów [141], konieczność zmiany sposobu prowadzenia ćwiczeń [61] czy (zaskakujący) brak motywacji studentów do nauki nowych sposobów zapamiętywania [45]. Bardzo ciekawym, chociaż wciąż nie do końca rozwiązany problem jest obiektywny sposób oceny tworzonych przez studentów graficznych organizatorów [34][124].

W literaturze odnaleźć można wiele opisów doświadczeń wyniesionych z ćwiczeń z wykorzystaniem graficznych organizatorów w różnych dziedzinach nauki, jak np. chemia [36][126], biologia [3] pielęgniarstwo [2][61] czy medycyna [34][45]. W aneksie 10.1.2 przedstawiony będzie – kolejno przykład konstrukcji graficznych organizatorów w chemii, jako metoda nauki wiedzy proceduralnej [36], oraz zastosowanie map myśli i map pojęć w medycynie, jako element nauczania problemowego [35]. Pomimo usilnych poszukiwań, nie udało się odnaleźć w literaturze doniesień opisujących konstruowanie przez studentów diagramów przepływu (ścieżek klinicznych) jako metody opanowania wiedzy proceduralnej w medycynie.

3.3.3. Scenariusz 3: Ścieżki kliniczne jako etap pośredni w tworzeniu innych materiałów edukacyjnych lub narzędzi informatyki medycznej

Obserwowanym często w praktyce projektów z dziedziny bioinżynierii i informatyki medycznej problemem są duże różnice między zakresem wiedzy i doświadczeń uczestniczących w nim specjalistów [57]. Różnice te przejawiają się w różnych oczekiwaniach względem funkcjonalności tworzonych systemów informatycznych. Stosowane przez techników narzędzia lub metody informatyczne, uznawane przez nich za proste i intuicyjne, wcale nie muszą być łatwe w zrozumieniu i użyciu dla lekarzy. Z drugiej strony, osoby o wykształceniu technicznym często nie rozumieją podstawowych zasad, jakimi kieruje się medycyna i służba zdrowia, co prowadzić może do nieporozumień, konfliktów, a w efekcie również do porażek całych projektów [57]. Możliwości wspólnej, jednoczesnej pracy lekarza z informatykiem są nierzadko mocno ograniczone. Jednym z możliwych rozwiązań tego problemu jest stopniowanie poziomu technicznej szczegółowości stosowanych narzędzi. Uproszczone formy przejściowe (zwane również hybrydowymi, bądź pomostowymi) z jednej strony są łatwe do zrozumienia dla ekspertów z dziedzin nietechnicznych, z drugiej – pozwalają przenieść ich wiedzę do postaci, która może być dalej przetwarzana bardziej formalnymi metodami przez inżynierów wiedzy [153]. Dodatkową korzyścią wydaje się również to, iż formy hybrydowe mogą być przekształcane w rozmaity sposób, dając początek odmiennym aplikacjom zgromadzonej wiedzy. Interesującym pomysłem wydaje się gromadzenie takich półproduktów w celu ich późniejszego powtórnego wykorzystania. Dotyczy to również projektów studenckich zrealizowanych na przykład w opisanym wcześniej w tym rozdziale scenariuszu

tworzenia edukacyjnych ścieżek klinicznych. Najlepsze prace studenckie mogą być dalej opracowywane, prowadząc do bardzo rozbudowanych produktów.

W ostatnim z zaproponowanych scenariuszy uproszczoną formalnie metodą reprezentacji wiedzy jest edukacyjna ścieżka kliniczna. Stosowane do jej tworzenia narzędzie informatyczne będzie mógł obsługiwać lekarz (lub student medycyny) po bardzo krótkim szkoleniu, a efekty jego pracy będą mogły być dalej przekształcane. Proponowanymi formatami końcowymi będzie jeden z interpretowalnych komputerowo modeli ścieżek klinicznych (tak jak to było opisane w rozdziale 3.1.5 tej pracy) i materiał typu „wirtualny pacjent”. Innymi możliwymi (niepodlegającymi sprawdzeniu w ramach tej pracy) typami zastosowań jest wykorzystanie medycznych planów do budowy ontologii, rozbudowanych serwisów WWW, czy baz wiedzy systemów ekspertowych.

W aneksie 10.1.3 przedstawiony jest krótki przegląd wybranych uproszczonych metod tworzenia interpretowalnych komputerowo ścieżek oraz wirtualnych pacjentów przez lekarzy. W pierwszym przykładzie (model MHB, aplikacja DELT/A, [153]) uproszeniu uległ jedynie model reprezentacji danych – nie zaś narzędzie do tworzenia ścieżek w tym modelu. Natomiast rozwiązanie stosowane w drugim przykładzie [144] jest stosowane doraźnie pomiędzy dwoma konkretnymi systemami informatycznymi (system wirtualnych pacjentów OpenLabyrinth i edytor VUE) bez użycia uniwersalnego formatu wymiany danych, który mógłby być wykorzystany również w innych systemach.

3.3.4. Podsumowanie zaproponowanych scenariuszy edukacyjnych

Zbiorne zestawienie trzech zaproponowanych scenariuszy wykorzystujących edukacyjne ścieżki kliniczne (ESK) zaprezentowane jest w tabeli 2. Przedstawione w tym rozdziale scenariusze prezentują bardzo szerokie wachlarze zastosowań edukacyjnych ścieżek klinicznych o różnych poziomach trudności i odmiennych grupach docelowych. Cechą wspólną wszystkich scenariuszy ma być możliwość przeprowadzenia ich w jednym środowisku informatycznym. Ich integracja ma w zamierzeniu autora przyczynić się do bardziej efektywnego wykorzystania potencjału, jaki posiadają edukacyjne ścieżki kliniczne.

Tab. 2. Podsumowanie proponowanych scenariuszy wykorzystania ESK

Nazwa scenariusza	Słowa kluczowe	Opis	Grupa docelowa / Zastosowanie
1. Wyszukiwanie informacji w gotowych edukacyjnych ścieżkach klinicznych	Nauka „dokładnie na czas” (JIT), nauka w miejscu pracy, systemy wspomagania decyzji	ESK jako narzędzie kompaktowej prezentacji i szybkiego wyszukiwania informacji dotyczących procedur medycznych	Studenci wszystkich lat medycyny, nowi pracownicy szpitali, doświadczeni pracownicy szpitala pragnący szybko odświeżyć swoją wiedzę lub sprawdzić szczegóły w procesie leczenia; nauczyciele pragnący uatrakcyjnić swój materiał szkoleniowy; uzupełnienie teoretycznych wykładów
2. Tworzenie ścieżek przez studentów na podstawie publikacji medycznych	Aktywna nauka, nauka ze zrozumieniem, nauczanie problemowe (PBL)	ESK jako narzędzie budowy graficznych reprezentacji wiedzy, porządkowania informacji, aktywnej nauki w grupie oraz oceny pracy studenckiej	Studenci szukający metody ułatwiającej zrozumienie czytanego tekstu lub naukę wiedzy proceduralnej; osoby przygotowujące się do opracowania w zespołach eksperckich własnych ścieżek klinicznych; narzędzie doskonalące sesje nauczania problemowego
3. Ścieżki kliniczne jako etap pośredni w tworzeniu innych materiałów edukacyjnych lub narzędzi informatyki medycznej	Systemy hybrydowe (pomostowe)	ESK jako etap pośredni w budowie innych aplikacji, takich jak interpretowalne komputerowo ścieżki kliniczne lub wirtualni pacjenci	Eksperti o wykształceniu nie-technicznym, technolodzy nauczania, inżynierowie wiedzy; metoda uproszczenia budowy ścieżek klinicznych i wirtualnych pacjentów; narzędzie projektowania interpretowalnych komputerowo modeli ścieżek klinicznych.

4. Modelowanie wymagań

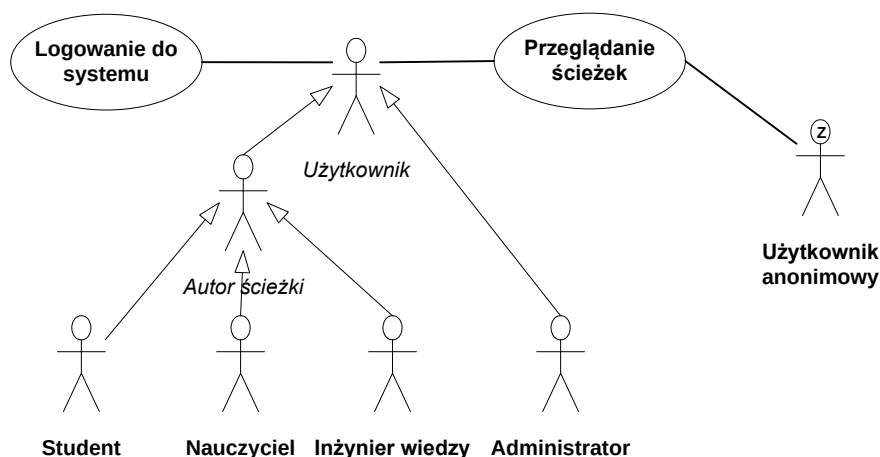
4.1. Analiza przypadków użycia

4.1.1. Używana notacja

W rozdziale tym przedstawiona zostanie bardziej szczegółowa analiza zaproponowanych w punkcie 3.3 trzech scenariuszy edukacyjnych. Celem analizy jest utworzenie modelu wymagań stawianych informatycznemu systemowi doskonalenia nauczania medycyny, opartemu na koncepcji edukacyjnych ścieżek klinicznych. Analizę wymagań przeprowadzono z wykorzystaniem elementów języka UML 2 [167].

Język UML (ang. *Unified Modeling Language*) [10] jest obecnie najpowszechniej stosowanym standardem notacji modelowania obiektowego. Początki opracowania UML sięgają roku 1994, a jego pierwsza wersja ukazała się w roku 1997 [167]. Obecnie obowiązuje druga generacja języka – wersja 2.x. W chwili redagowania tej pracy doktorskiej najnowsza dostępna wersja UML oznaczona była numerem 2.3 [199]. Przedstawiony tu zbiór diagramów przypadków użycia edukacyjnych ścieżek klinicznych obrazuje dynamikę systemu. W rozdziale dotyczącym projektu systemu zbiór ten będzie poszerzony o diagramy, które ukazują jego strukturę.

4.1.2. Aktorzy



Rys. 10. Diagram przypadków użycia systemu edukacyjnych ścieżek klinicznych – część 1

Rysunek 10 prezentuje aktorów systemu edukacyjnych ścieżek klinicznych. Podstawową rolę w systemie odgrywa abstrakcyjny klasyfikator **użytkownik**, z którego dziedziczą dwie klasy, które przedstawiono poniżej:

- **Autor ścieżki** – tą nazwą określana jest abstrakcyjna klasa, której konkretne instancje oznaczają osoby uprawnione do tworzenia nowych ścieżek. Klasa ta ma trzy podklasy:

- **Student** – osoba korzystająca z systemu w celu poszerzenia własnej wiedzy przez analizę gotowych i tworzenie własnych edukacyjnych ścieżek klinicznych;
- **Mauczytel** – osoba asystująca studentom w procesie nauki i wspomagająca ich działania przez tworzenie modelowych ścieżek klinicznych oraz ocenę prac studenckich;
- **Inżynier wiedzy** – osoba czerpiąca z systemu wiedzę zawartą w edukacyjnych ścieżkach klinicznych, aby dalej je przekształcać, dążąc do form bardziej zaawansowanych pod względem technicznym.
- **Administrator** – osoba nadzorująca poprawne działanie systemu przez zarządzanie kontami użytkowników, rozszerzeniami systemu (szablony, konwertery) oraz dbająca o bezpieczeństwo przechowywanych w systemie danych.

4.1.3. Przypadki użycia

Wspólne dla wszystkich ról są przypadki użycia dostępne dla aktora **użytkownik**, które teraz omówimy.

Logowanie do systemu – obejmuje autentykację oraz autoryzację użytkownika przez system obsługi ścieżek klinicznych. Użytkownik, oprócz nazwy użytkownika i hasła, wybiera serwer systemu ścieżek klinicznych, na który chce się zalogować. Możliwość korzystania z wielu serwerów ma istotne zalety, do których należy zwiększenie niezawodności systemu przez redundancję, możliwość separacji różnych wydziałów jednej organizacji oraz organizację badań między ośrodkami (wspólna praca nad ścieżkami przez studentów z różnych krajów, dzielenie się serwerem z uczelniami, które nie posiadają możliwości instalacji własnego serwera edukacyjnych ścieżek klinicznych).

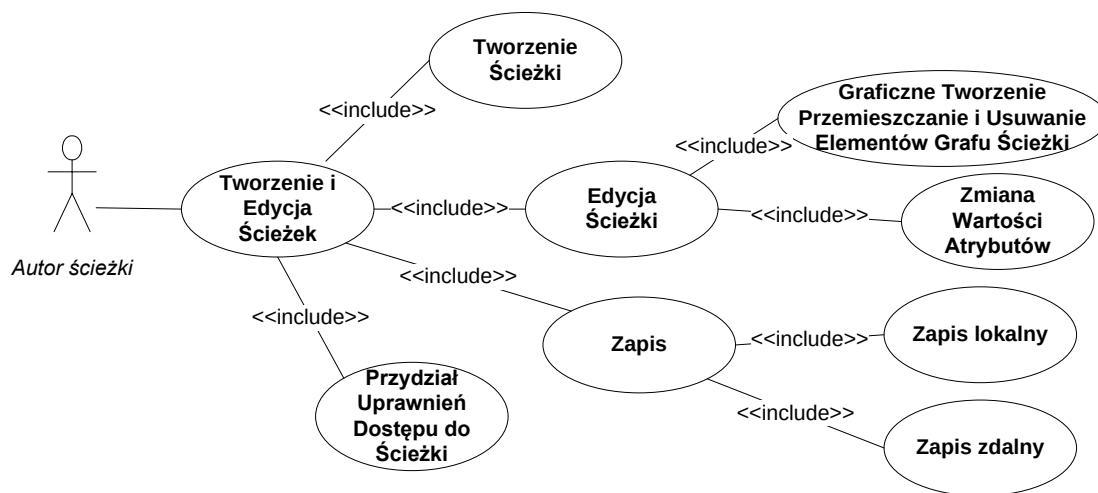
Przeglądanie ścieżek – oznacza dostęp w trybie „tylko do odczytu” do edukacyjnych ścieżek, do których użytkownik uzyskał stosowne uprawnienia.

4.1.4. Użytkownicy anonimowi

W ramach modelowania całego środowiska systemu ścieżek klinicznych można wyodrębnić jeszcze jedną klasę aktorów, której nadano nazwę **użytkownik anonimowy**. Reprezentuje osoby, które mogą przeglądać ścieżki bez konieczności logowania się do systemu. Dotyczy to oczywiście tylko tych ścieżek, których autorzy zdecydowali nie stawiać żadnych ograniczeń w dostępności do nich. Ponieważ działalność takiego użytkownika nie jest ewidencjonowana w systemie i dotyczy jedynie produktów *de facto* eksportowanych na zewnątrz systemu; użytkownik traktowany jest jako „zewnętrzny”, odrębny w stosunku do modelowanego systemu (i oznaczany literą „Z”).

4.1.5. Działania autorów ścieżek

Aktor abstrakcyjnego typu „autor ścieżki” może tworzyć i edytować edukacyjne ścieżki kliniczne. W tym przypadku użycia aktor może wykonać kilka czynności zaprezentowanych na rysunku 11. Podczas tworzenia ścieżki uruchamiany jest kreator, który umożliwia wybranie szablonu atrybutów elementów ścieżki. Szablon jest to zbiór atrybutów opisu elementów ścieżki. Atrybuty posiadają zdefiniowany w szablonie typ danych oraz grupowane są w grupy atrybutów. Szablony pozwalają zróżnicować grupę docelową edukacyjnej ścieżki klinicznej. Może być to na przykład szablon dla początkujących lub zaawansowanych autorów ścieżek klinicznych, dla autorów ścieżek innego typu niż kliniczne (np. ścieżek chemicznych), czy autorów planujących w przyszłości rozwijać ścieżkę do postaci wirtualnego pacjenta. Lista możliwych typów szablono w założeniu nie jest ograniczona i może być dowolnie rozszerzana przez uprawnionych do tego użytkowników (tj. „nauczyciela” i „inżyniera wiedzy”). Aktor tworzący ścieżki może wybrać predefiniowany temat ścieżki. Ma to zastosowanie w drugim scenariuszu użycia ścieżek klinicznych, gdzie studenci realizują na podstawie dostarczonej literatury swoją własną wersję ścieżki klinicznej. W przypadku dużej liczby prac dotyczących jednego tematu, przyporządkowanie ścieżki do określonej kategorii (np. ścieżki poświęcone boreliozie, nadciśnieniu tętniczemu opornemu czy migrenie) ułatwia porównanie i ocenę prac.

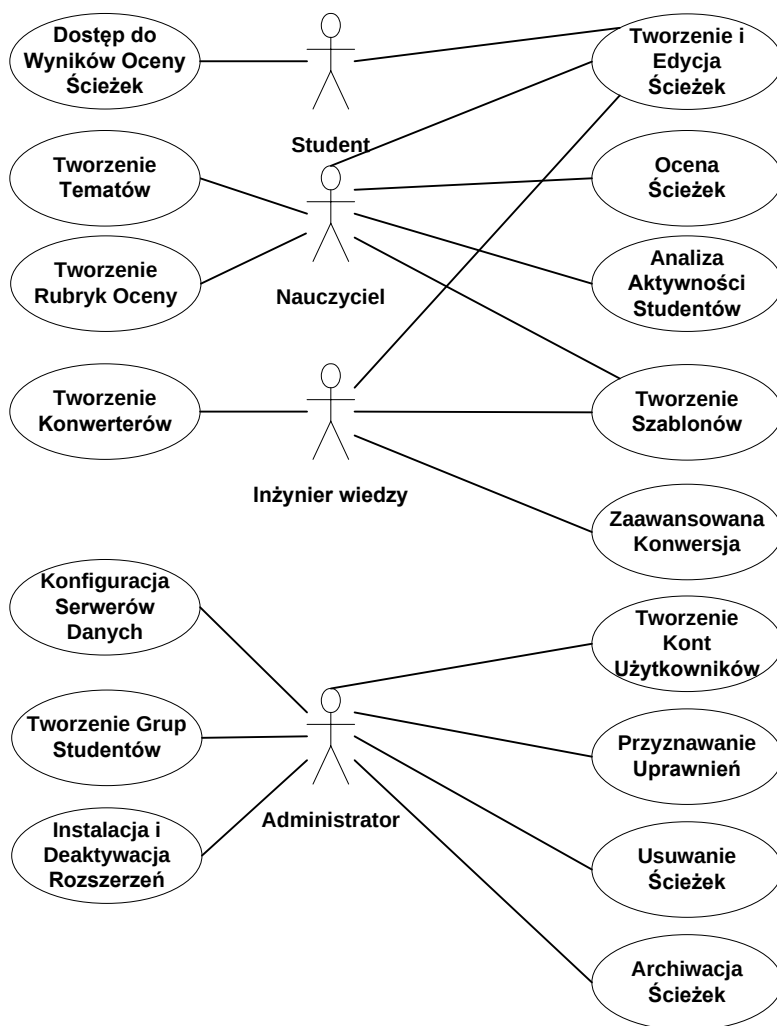


Rys. 11. Diagram przypadków użycia systemu edukacyjnych ścieżek klinicznych – część 2

Edycja ścieżki możliwa jest tylko w przypadku ścieżek samodzielnie utworzonych przez użytkownika lub tych, do których użytkownik otrzymał stosowne uprawnienia od ich autorów. Edycja polega na dodawaniu, przemieszczaniu i usuwaniu elementów ścieżki w środowisku graficznym oraz modyfikacji atrybutów elementów ścieżek za pomocą przeznaczonych do tego edytorów. Po ukończeniu edycji ścieżki może być ona zapisana zdalnie na serwerze ścieżek albo lokalnie – na przykład na dysku twardym komputera autora. Zapis zdalny następuje w natywnym formacie systemu edukacyjnych ścieżek klinicznych; zapis lokalny może być w formacie uniwersalnym: jako

plik graficzny albo strona internetowa. Zapis w bardziej złożonych formatach, wymagających parametryzacji procesu eksportu, dostępny jest jedynie użytkownikowi typu „inżynier wiedzy”. W ramach opisywanego przypadku użycia możliwe jest również ustalenie listy użytkowników uprawnionych do edycji ścieżki i przeglądania jej w trybie „tylko-do-odczytu”.

Rysunek 12 przedstawia przypadki użycia systemu ścieżek klinicznych dla pozostałych jego aktorów. Przypadkiem użycia przeznaczonym tylko dla użytkownika typu „student” jest dostęp do wyników oceny ścieżki dokonanej przez nauczyciela. Wgląd ten możliwy jest tylko dla ścieżek, do których użytkownik ma uprawnienia edycyjne.



Rys. 12. Diagram przypadków użycia systemu edukacyjnych ścieżek klinicznych – część 3

Użytkownik w roli „nauczyciela” może oceniać ścieżki studentów z pozostającej pod jego opieką grupy. Do oceny ścieżek wykorzystuje się wbudowane w system rubryki oceny. Nauczyciel może również utworzyć nową rubrykę, która instalowana jest w systemie przez administratora. Istnieje również możliwość zlecenia administratorowi włączenia do systemu utworzonych nowych tematów ścieżek oraz zaproponowanych przez nauczyciela szablonów atrybutów elementów ścieżek (więcej informacji o szablonach atrybutów można znaleźć w punkcie 5.1.1.2). Ostatnim z przypadków użycia

omawianego systemu, związanym z rolą nauczyciela jest kompleksowa analiza aktywności studentów. Analizę taką ułatwia tworzenie przez system podsumowań ocen uzyskanych przez poszczególne grupy lub ocen w poszczególnych tematach. Możliwe jest też obserwowanie liczby logowań, czasu edycji ścieżki przez studentów czy popularności przeglądanych ścieżek. Zestawienia mogą być zapisywane na lokalnym komputerze w formacie tekstowym, który umożliwia dalszą analizę wyników, np. ocenę rezultatów nauczania, aktywności studentów, analizę wykorzystywaną także w pracach naukowych, dotyczących skuteczności edukacyjnych ścieżek klinicznych.

Aktor „inżynier wiedzy” może samodzielnie tworzyć szablony atrybutów. Ponadto, ma uprawnienia do tworzenia zaawansowanych konwerterów ścieżek edukacyjnych do innych formatów (np. do interpretowalnych komputerowo formatów ścieżek lub wirtualnych pacjentów) oraz wykonywania tych konwersji. Wiele z konwersji przebiegać będzie pół-automatycznie – tj. przy częściowym udziale użytkownika, który zdecyduje na przykład, które elementy ścieżki wybrać lub jakie nowe elementy, brakujące w ścieżce, a wymagane przez docelowy format „ręcznie” dodać. Przykładem może być zapisanie rozgałęzionej ścieżki klinicznej w formacie liniowego wirtualnego pacjenta⁶ lub przekształcenie ścieżki edukacyjnej do formatu GLIF.

4.1.6. Działania administratora

Ostatni typ użytkownika, „administrator”, ma prawo tworzyć konta innym użytkownikom, przydzielać im role pełnione w systemie oraz tworzyć grupy studenckie. Do obowiązków administratora należy regularne wykonywanie kopii zapasowych bazy ścieżek oraz, na polecenie nauczycieli, usuwanie ścieżek i kont użytkowników niepotrzebnych już w systemie. Administrator ma również prawo rozszerzać funkcjonalność aplikacji, przez dodawanie do systemu konfiguracji dodatkowych serwerów baz ścieżek edukacyjnych, instalowanie oraz dezaktywizowanie rozszerzeń systemu, takich jak rubryki oceny (nauczyciel), szablony (nauczyciele i inżynierowie wiedzy) i konwertery (inżynierowie wiedzy).

4.1.7. Inne wymagania

Zaprezentowane powyżej wymogi funkcjonalne adresowane do systemu ścieżek klinicznych powinny być uzupełnione o warunki związane z możliwością użycia narzędzia w trakcie zajęć dydaktycznych na uczelni. Trzeba wziąć pod uwagę fakt, że w Zakładzie Bioinformatyki i Telemedycyny UJ CM z systemu korzystać będzie rocznie co najmniej 250 studentów kierunku lekarskiego, 70 studentów kierunku stomatologia, 100 słuchaczy Szkoły Medycznej dla Obcokrajowców, 50 doktorantów i 10 nauczycieli akademickich. Użytkownicy ci korzystają z różnych systemów operacyjnych: Microsoft Windows, Mac OS (szczególnie popularny wśród studentów zagranicznych studiujących w Krakowie), Linux oraz z dwóch wersji językowych: polskiej i angielskiej.

⁶ Więcej na temat zagadnień kompatybilności różnych modeli wirtualnych pacjentów można znaleźć w pracy [97].

Uczelnia nie może pozwolić sobie na tym etapie rozwoju pomysłu wdrożenia edukacyjnych ścieżek klinicznych na zakup komercyjnych licencji dla wszystkich użytkowników, którzy chcą korzystać z programu (w tym często także w domu), jak również nie może przenieść tego kosztu na studentów (nawet gdy pojedyncza licencja nie wiązałaby się z dużym nakładem finansowym). Oznacza to w praktyce konieczność korzystania z oprogramowania darmowego. Dodatkowo, ze względu na specyficzność zastosowania, system powinien mieć możliwość dodawania rozszerzeń charakterystycznych dla medycyny (np. przez system wtyczek „plug-in” lub dostęp do kodu źródłowego programu w celu modyfikacji istniejącego zachowania systemu). Przykłady rozszerzeń typowych dla medycyny to dostęp do medycznych systemów nazewnictwa lub klasyfikacji (np. SNOMED, ICD10, MeSH), możliwość łączenia z elementami grafu ścieżki wypowiedzi na temat wiarygodności zaleceń (zgodnie z metodologią EBM – ang. Evidence-Based Medicine) czy łączenie z elementami cytowanymi w bazie publikacji biomedycznych MEDLINE. Wszystko to znacząco ogranicza swobodę wyboru systemu używanego w dalszych badaniach.

4.2. Przegląd istniejących narzędzi informatycznych

Najprostszą drogą do osiągnięcia określonych w punktach 3.3 i 4.1 celów jest wybór oprogramowania gotowego, dostępnego na rynku, które spełnia wszystkie wymienione we wcześniejszych punktach warunki lub ewentualnie może być w prosty sposób do tych wymogów dostosowane.

W pierwszym etapie selekcji poszukiwane były bezpłatnie dostępne programy służące do przedstawiania wiedzy proceduralnej w formie diagramów blokowych (diagramów przepływu, ang. *flowchart* lub *flow chart*). Z poszukiwań wykluczane były narzędzia przeznaczone dla projektantów systemów informatycznych (np. wymagające znajomości języka UML) albo asystujące w nauce języków programowania. Do poszukiwania wykorzystane były trzy popularne repozytoria oprogramowania dostępnego w Internecie:

- Cnet Download.com, <http://download.com>;
- Free Download Manager, <http://www.freownloadmanager.org/downloads>;
- Source Forge, <http://sourceforge.net>.

Przetawione wyniki kwerendy pochodzą z dnia 25. marca 2011 r., ale podobne poszukiwania były również przeprowadzane na wcześniejszych etapach powstawania pracy z podobnym wynikiem końcowym.

Pierwszy z wykorzystanych w kwerendzie serwisów, Download.com, jest jednym z najpopularniejszych miejsc pobierania oprogramowania w Internecie. Według danych z roku 2008 (serwis Compete.com) strona odwiedzana była przez 113 milionów użytkowników rocznie. Poszukiwanie w serwisie programów wg słowa kluczowego „flowchart” zwróciło 685 wyników, z tego 39 odnośników prowadziło do darmowego oprogramowania. Poszukiwanie z użyciem klucza „flow chart” dało 368 trafień, z czego 60 programów było darmowych. Analizie poddano wszystkie

znalezione bezpłatne programy (jak wynika z podanych liczb – badanych programów było 99). Wiele z nich dawało wprawdzie możliwość tworzenia diagramów blokowych, ale tylko w określonym kontekście, np. do prezentacji wyniku analizy ruchu sieciowego albo jako metoda wizualizacji kodu programistycznego. Część znalezionych programów była jedynie darmowym dodatkiem do komercyjnych rozwiązań. Niektóre programy, które według opisu w serwisie Download.com spełniały założenia, po przejściu do strony producenta okazywały się już niedostępne (np. AjaxSketch, Best4C). Kilka produktów zaznaczono jako bezpłatne, ale dotyczyło to tylko osobistego użytku pojedynczego komponentu. Wykorzystanie komponentu przez instytucje albo łączenie ich z innymi komponentami było już traktowane jako wykorzystanie komercyjne (np. Origramy, UCCDraw Flow/Diagramming Component).

Z przeglądu wykluczone były również programy do tworzenia diagramów blokowych działające tylko na określonym sprzęcie, na przykład na tabletach i telefonach firmy Apple (epiNoteHD for iPhone, Idea Sketch for iPhone, SPM Workflow, The Interpreter for iPhone).

W wyniku przeprowadzonego poszukiwania, do następnego etapu zakwalifikowano 9 programów: 1888 Quick Flow Chart Creator, CADE, DIA, Diagram Ring, Dynamic Draw, Flowchart, JGraphPad, MeeSoft Diagram Designer, yEd Graph Editor.

Free Download Manager jest innym popularnym programem do szybkiego pobierania oprogramowania z Internetu. Strona producenta umożliwia również poszukiwanie nowych programów. Poszukiwanie wg słowa kluczowego „flowchart” dało 52 trafień, z tego 7 dotyczyło darmowego oprogramowania. Poszukiwanie wg słów „flow chart” zwróciło 300 trafień, z czego 37 darmowych. Oprogramowanie EDraw Flowchart, pomimo, że umieszczone w kategorii freeware, okazało się darmowe tylko przez ograniczony czas, po którym należało wnieść opłatę za dalsze użytkowanie. Oprogramowanie software Ideas Modeler i Proxy Designer przeznaczone było dla programistów. Do dalszej analizy zakwalifikowano tylko jeden nowy program: Nevron Diagram Designer.

Source Forge jest jednym z największych na świecie repozytoriów wolnego oprogramowania (*open source*), zawierającym ponad 200.000 projektów na różnym etapie rozwoju. Przeszukiwanie według słowa kluczowego „flowchart” dało 43 wyniki, z tego tylko 12 na poziomie rozwoju Beta albo wyższym. Uwagę zwrócił program JavaBlock, ponieważ była to jedyna polska inicjatywa w tym zestawieniu. Program jednak nie został zakwalifikowany do dalszego etapu ze względu na fakt, iż przeznaczony był jedynie do wspomagania nauki programowania komputerowego, a nie modelowania wiedzy. Program Diagram Designer spełniał wszystkie wymagania pierwszego etapu filtracji, ale repozytorium kodu było puste. Okazało się jednak, że program ten znaleziony został już we wcześniejszych kwerendach. Poszukiwanie w serwisie Source Force według słów „flow chart” zwróciło 32 pozycje, z tego 12 projektów na poziomie rozwoju *beta* albo wyższym. Strona projektu Diagram Drawer była niedostępna (projekt nie był aktualizowany od 2007 roku). Dokumentacja jednego z projektów nie pozwalała na ocenę przydatności narzędzia (DocBuilder). W efekcie choć

wyduje się to zaskakujące, poszukiwania w serwisie Source Forge nie dodały do wyników poszukiwania żadnych nowych programów.

Wszystkie programy z pierwszego etapu selekcji zostały umieszczone w tabeli 3.

Tab. 3. Darmowe programy do tworzenia diagramów blokowych (diagramów przepływu) po pierwszym etapie selekcji

Nazwa	Wersja	Producent / Adres WWW	Platforma
1. 1888 Quick Flow Chart Creator	1.0	1888SoftwareDownloads.com http://www.1888softwaredownloads.com	Windows
2. CADE	2.4.9	Weresc http://www.weresc.com	Windows
3. DIA	0.97.1	Alexander Larsson http://live.gnome.org/Dia	GNU/Linux, MacOS X, Unix, Windows
4. Diagram Ring	4.0	Farshadoo http://www.farshadoo.com	Windows
5. Dynamic Draw (Though Tickler)	5.0	Masayuki Fukushima http://www.dynamicdraw.com	Windows
6. Flowchart	beta 2.3.6- r44	Flowchart http://www.flowchart.com	Przeglądarka internetowa
7. JGraphPad	2.0.0	PARX Engine http://www.pxe.ch (pusta strona)	Java
8. MeeSoft Diagram Designer	1.2.4	MeeSoft http://meesoft.logicnet.dk	Windows
9. Nevron Diagram Designer	2010 Vol.1	Nevron Software http://nevron.com/Products.DiagramDesigner.Overview.aspx	Windows
10. yEd Graph Editor	3.6.1.1	yWorks http://www.yworks.com	Java

Każdy z programów z tabeli 3. został zainstalowany na komputerze o konfiguracji: Intel Centrino Duo, T5450, 1GB RAM z systemem operacyjnym Windows XP Service Pack 3 i przetestowany pod względem możliwości realizacji opisanych wcześniej przypadków użycia. W sytuacji występowania wątpliwości co do działania programu, analizowana była dokumentacja produktu.

W ramach testu sprawdzano w szczególności:

1. możliwość opisywania znaczenia elementów diagramu za pomocą atrybutów (nie dotyczy to atrybutów wyglądu, np. grubość kreski, kolor tła),
2. możliwość dodawania nowych atrybutów,

3. możliwość zróżnicowania typów atrybutów (typy proste, np. string, integer, boolean, double, lista wartości; ale również możliwość wprowadzania typów złożonych – np. sformatowany tekst, cytowanie literaturowe, odsyłacz internetowy, element interaktywny – np. pytanie testowe),
4. możliwość definiowania szablonów atrybutów (zbiorów atrybutów opisu znaczenia elementu, które mogą być zmieniane w zależności od celu diagramu, bez konieczności dodawania nowych typów elementów),
5. możliwość dodawania nowych typów elementów,
6. centralne udostępnianie/ograniczanie dostępności typów elementów (na przykład wszyscy studenci zapisani do kursu mają dostęp do podstawowych elementów diagramów blokowych z wybranym szablonem atrybutów, ale bez możliwości wyboru innych elementów; jest to istotne w przypadku tworzenia porównywalnych ścieżek – dowolność stosowanych elementów i atrybutów niezwykle utrudnia ocenę),
7. możliwość definiowania podścieżek czyli bardziej szczegółowych diagramów przepływu, otwieranych w wyniku „rozwinienia” wybranego elementu diagramu,
8. system kont użytkowników o różnych uprawnieniach dostępu i edycji ścieżek,
9. możliwość tworzenia grupy użytkowników (użytkowników o wspólnych uprawnieniach, np. studenci), których zarządzanie (wybór tematów, szablonów, ocena prac, monitorowanie statystyk) przypisane jest do innego użytkownik(-a/-ów) (nauczycieli),
10. dostęp do centralnego repozytorium przechowywania diagramów,
11. możliwość współpracy z wieloma repozytoriami diagramów,
12. możliwość komentowania (oceny) diagramów,
13. publikację ścieżek w formie interaktywnego diagramu (szczegółowy opis elementów pojawia się w wyniku wybierania poszczególnych elementów ścieżki),
14. dostępność oprogramowania na różnych platformach (minimum Windows i Mac OS),
15. interfejs użytkownika ze wsparciem dla języków obcych (system dostępny w wersji angielskiej, możliwość prostego dodawania nowych wersji językowych),
16. system *plug-in* (dodawania rozszerzeń funkcjonalności systemu bez konieczności ingerencji w kod źródłowy programu – np. dodawanie konwerterów ścieżek do postaci wirtualnych pacjentów lub formatów interpretowalnych przez szpitalne systemy informatyczne, nowe typy edytorów właściwości, itd),
17. dostęp do kodu źródłowego programu.

Dodatkowo, bez wpływu na końcowe wyniki, sprawdzane były wspierane przez programy formaty zapisu danych.

4.3. Uzasadnienie konieczności budowy nowego narzędzia

Jak pokazują wyniki przedstawione w tabelach 4 i 5, żaden ze sprawdzonych programów nie spełnił wszystkich stawianych w teście wymagań.

Funkcje 4,6,7 i 9 nie były zrealizowane w żadnym z systemów. Najlepszy wynik osiągnął program CADE, spełniając dokładnie połowę z wymienionych wymagań. W zestawieniu nie było systemu wspierającego przeznaczenie ścieżek do zastosowań medycznych (np. wsparcie dla klasyfikacji medycznych). Formaty eksportu danych były w większości przypadków formatami statycznych obrazów, bez możliwości dalszego przetwarzania narzędziami inżynierii wiedzy.

Wnioskiem płynącym z przeprowadzonej analizy jest to, że aktualnie brak gotowego rozwiązania do realizacji zaplanowanych we wcześniejszych rozdziałach scenariuszy edukacyjnych.

Pozostają dwie możliwości: rozszerzenie jednego z istniejących programów lub budowa nowego systemu. Trzy z testowanych systemów (1888 Quick Chart Creator, Diagram Ring, JGraph) tworzone były raczej jako wprawki programistyczne i nie nadawały się do dalszego rozwoju (dwa z nich nie spełniły żadnego z 17 przyjętych kryteriów oceny). Systemy CASE i Nevron Diagram Designer są w istocie programami o skrywanym charakterze komercyjnym, gdyż wymagają od bardziej zaawansowanych użytkowników wniesienia opłat. Programy Flowchart i yEd Graph editor (choć wyróżniają się dużą funkcjonalnością i przyjemnym interfejsem użytkownika) nie dają dostępu do kodu źródłowego ani innych możliwości rozszerzeń funkcjonalności programu, co również eliminuje je z dalszej analizy. Spośród pozostałych systemów – DIA, Dynamic Draw i MeeSoft Diagram Designer – tylko DIA jest przenośny platformowo.

Zmierzając do realizacji celów tej rozprawy autor stanął zatem przed wyborem: albo rozszerzyć istniejący program DIA o brakujące osiem funkcji albo zaprojektować nowy system. W obu przypadkach trzeba było liczyć się z dużym nakładem prac implementacyjnych.

Ostatecznie podjęto decyzję o utworzeniu nowego systemu, kierując się dwoma podstawowymi argumentami: „technologicznym” i „ergonomicznym” omówionymi krótko poniżej.

- *Technologia użyta w poprzednim systemie.* Program DIA został zrealizowany w technologii GTK+ (biblioteka graficzna powstała na potrzeby programu GIMP). Popularność biblioteki GTK+ oraz dostępne narzędzia wspierające tworzenie programów przy jej zastosowaniu, nie są tak powszechne, jak na przykład w przypadku technologii Java. Język Java oraz dostępne dla tej platformy biblioteki graficzne są intensywnie rozwijane przez duże firmy informatyczne i dają – także w opinii autora – dużo lepsze perspektywy rozwoju oraz możliwości przenoszenia między platformami, niż realizowane w technologii GTK+.

Tab. 4. Wyniki analizy przydatności edytorów diagramów blokowych do realizacji założonych scenariuszy edukacyjnych – część 1

Id	Program\Kryterium oceny	1888⁷	CADE⁸	DIA	Diagram Ring	Dynamic Draw⁹
1	Możliwość opisywania znaczenia elementów atrybutami	-	+	+	-	-
2	Dodawanie nowych atrybutów	-	+	+	-	-
3	Zróżnicowanie typów atrybutów opisu elementów diagramu	-	+/- ¹⁰	+	-	-
4	Możliwość definiowania szablonów atrybutów	-	-	-	-	-
5	Możliwość dodawania nowych typów elementów	-	+	+	-	+
6	Centralne udostępnianie/ograniczanie dostępności elementów	-	-	-	-	-
7	Możliwość definiowania podścieżek	-	- ¹¹	- ¹²	-	+/- ¹³
8	System kont użytkowników o różnych uprawnieniach	-	+	-	-	+/- ¹⁴
9	Grupy użytkowników	-	-	-	-	-
10	Dostęp do centralnego repozytorium diagramów	-	+	-	-	-
11	Możliwość współpracy z wieloma repozytoriami diagramów	-	+	-	-	-
12	Możliwość komentowania (oceny) diagramów	-	+	-	-	+
13	Publikacja diagramu jako interaktywnej strony internetowej	-	-	-	-	-
14	Dostępność oprogramowania na różnych platformach	-	-	+	-	- ¹⁵
15	Wsparcie dla języków obcych (i18n)	-	+	+	-	+
16	System <i>plug-in</i>	-	-	+	-	+
17	Dostęp do kodu źródłowego w celu dodawania rozszerzeń	-	- (komercyjne)	+	-	+
	Dostępne formaty eksportu danych	JPEG, GIF, BMP	JPEG, EMF	¹⁶	JPG	WMF, EMF, PNG, BMP, JPG, GIF, TIFF, SVG
	Suma punktów. +/- (połowiczne spełnienie) liczone jako 0,5	0	8,5	8	0	6

⁷ Program 1888 Quick Flow Chart Creator po instalacji nie działał. Do uruchomienia konieczne było samodzielne znalezienie brakującej biblioteki ocx w Internecie.

⁸ W czasie użytkowania edytor „zawiesił się” kilkakrotnie, powodując utratę dotychczasowych danych i konieczność jego ponownego uruchomienia.

⁹ Istnieje rozszerzenie programu Dynamic Draw o nazwie Though Tickler, służące do tworzenia algorytmicznych map myśli. Oceny programu dokonano na podstawie wersji rozszerzonej.

¹⁰ Dostępne są tylko cztery proste typy danych o wartościach mieszczących się w jednym wierszu: date, float, integer, string.

¹¹ Istnieje możliwość tworzenia bloków elementów i referencji do nich. Referencja ma dokładnie tę samą wielkość i kształt, co blok elementów (nie służy do ukrycia złożoności), natomiast ma tę zaletę, że zmiany poczynione w jednej kopii są automatycznie nanoszone na pozostałe elementy bloku.

¹² Istnieje możliwość dodawania „pod-elementów” – niezależnie skalowanych elementów zawartych w większych elementach.

¹³ Możliwość „rozgałęziania” dokumentów

¹⁴ Obecna wersja nie ma udokumentowanego sposobu obsługi wielu użytkowników, ale niektóre opcje świadczą o tym, że taka funkcjonalność jest przygotowywana.

¹⁵ Na stronie istnieje opis instalacji oprogramowania w systemie Linuxie za pomocą środowiska WINE.

¹⁶ EMF, PNG, PDF, PS, SVG, WMF, CGM, EPS, FIG, TEX, BMP, ICO, CUR, JPEG, MP, TIFF, DXF, WMF, VDX, WPG, SVG

Tab. 5. Wyniki analizy przydatności edytorów diagramów blokowych do realizacji założonych scenariuszy edukacyjnych – część 2

Id	Program	Flowchart	JGraphPad	MeeSoft Diagram Designer	Nevron Diagram Designer ¹⁷	yEd Graph Editor
	Kryterium oceny					
1	Możliwość opisywania znaczenia elementów atrybutami	+ ¹⁸	-	+ ¹⁹	+	+
2	Dodawanie nowych atrybutów	-	-	-	+	-
3	Zróżnicowanie typów atrybutów opisu elementów diagramu	-	-	-	-	+
4	Możliwość definiowania szablonów atrybutów	-	-	-	-	-
5	Możliwość dodawania nowych typów elementów	-	+	+	+	-
6	Centralne udostępnianie/ograniczanie dostępności elementów	-	-	-	-	-
7	Możliwość definiowania podścieżek	-	-	-	-	-
8	System kont użytkowników o różnych uprawnieniach	+	-	-	-	-
9	Grupy użytkowników	-	-	-	-	-
10	Dostęp do centralnego repozytorium przechowującego diagramy	+	-	-	-	-
11	Możliwość współpracy z wieloma repozytoriami diagramów	-	-	-	-	-
12	Możliwość komentowania (oceny) diagramów	+/- ²⁰	-	-	-	-
13	Publikacja diagramu jako interaktywnej strony internetowej	+/- ²¹	-	-	-	+
14	Dostępność oprogramowania na różnych platformach	+	+	-	-	+
15	Wsparcie dla języków obcych (i18n)	-	-	+	-	+
16	System <i>plug-in</i>	+/- ²²	-	-	-	-
17	Dostęp do kodu źródłowego w celu dodawania rozszerzeń	-	+/-	+	-	-
	Dostępne formaty zapisu danych	PNG, PDF, SVG	JPEG, GXL, GraphVix	GIF, JPG, PNG, BMP, CUR, EMF, ICO, WMF, PCX	BMP, EMF, EXIF, GIF, ICON, JPEG, PNG, TIFF, WMF, SWF, PDF, Silverlight	GraphML, YGF, GML, TGF, BMP, EMF, EPS, GIF, HTML (Flash), HTML (image Map), JPEG, PDF, PNG, SWF
	Suma punktów. +/- (połowiczne spełnienie) liczone jako 0,5	5,5	2,5	4	3	5

¹⁷ Chociaż na stronie producenta znajduje się informacja, że jest to program *freeware*, na środku każdego diagramu znajduje się informacja, iż jest to tylko wersja testowa.

¹⁸ Tylko jedno pole na komentarze

¹⁹ Tylko jedno pole na komentarze

²⁰ Możliwość prowadzenia czatu wśród wszystkich osób połączonych jednocześnie do tego samego diagramu, możliwość udostępniania innym schematu do edycji, ale brak bezpośredniej możliwości trwałej oceny diagramu.

²¹ W trybie tylko do odczytu nie można podglądać atrybutów elementów.

²² Możliwość uruchamiania skryptów

- *Ergonomia działania nieodpowiadająca planowanym zastosowaniom.* Pomimo wielu zalet programu DIA, zgodnie z doświadczeniem autora, ergonomia jego działania pozostawiała wiele do życzenia. Stwierdzono, że interfejs użytkownika powinien być lepiej dopracowany do zastosowań, w których istotne są: częsta zmiana wartości atrybutów, wprowadzanie dużej ilości tekstu jako wartości atrybutów, zastosowanie zaawansowanych edytorów właściwości czy działanie w środowisku internetowym. Obecnie zmiana każdego atrybutu opisu elementu wiąże się z wybraniem w menu kontekstowym elementu opcji „właściwości” i dopiero wtedy możliwe jest wybranie odpowiedniego parametru do zmiany. Dużo prościej byłoby mieć wbudowany w środowisko edycyjne osobny panel z właściwościami. Są to drobne elementy, które jednak są na tyle często wykonywane, iż mogą mieć znaczenie dla satysfakcji z działania programu. Z drugiej strony elementy te są tak wbudowane w kod programu, iż trudno je zmodyfikować w sposób, który będzie dawać gwarancję kompatybilności z dalszym, niezależnym od autora, rozwojem środowiska DIA. Z kolei dodanie do istniejącego interfejsu wielu opcji charakterystycznych dla medycyny mogłoby w istotny sposób zmniejszyć poręczność programu.

Należy tu jednak podkreślić, że przedstawione powyżej argumenty nie eliminują systemu DIA w sposób kategoryczny z zastosowań do tworzenia i eksploatacji w kontekście ścieżek klinicznych. Nie jest wykluczone, iż znajdują się osoby chętne do implementacji przedstawionej w tej pracy koncepcji systemu Bit Pathways jako rozszerzenia systemu DIA. Dla autora tej pracy byłoby to jednak rozwiązanie bardziej skomplikowane, trudniejsze i mniej efektywne, niż stworzenie nowego środowiska w znanej technologii, dlatego do dalszych badań wybrano sposób realizacji oparty na kreacji, a nie na adaptacji.

5. Wybrane elementy projektu narzędzia Bit Pathways

5.1. Model danych Bit Pathways

5.1.1. Definicja modelu danych

Model danych Bit Pathways można podzielić na trzy warstwy:

- **warstwę kontekstu** – ustalającą typy wierzchołków i krawędzi wchodzących w skład ścieżek, dopuszczalne typy słowników i typy atrybutów;
- **warstwę szablonów** – definiującą dopuszczalne atrybuty elementów ścieżki (szablon może być zmieniany bez rekompilacji aplikacji);
- **warstwę ścieżek** – w jej skład wchodzi właściwe ścieżki projektowane przez użytkowników systemu.

Zakłada się, iż warstwa kontekstu będzie najrzadziej modyfikowana, warstwa szablonów będzie poszerzana okazjonalnie – np. przed rozpoczęciem nowego semestru zajęć, podczas gdy warstwa ścieżek będzie ustawicznie wzbogacana nowymi pracami.

W dalszej części pracy przyjęta będzie następująca konwencja notacyjna:

symbole +,*,? używane jak indeksy górne odpowiednich oznaczeń zbiorów oznaczają odpowiednio:

- + – zbiór niepusty,
- * – dowolny zbiór (w tym i zbiór pusty),
- ? – element opcjonalny.

W aneksie 10.2.4 znajduje się słowniczek podsumowujący oznaczenia stosowane w opisie modelu BitPathways.

5.1.1.1. Warstwa kontekstu modelu

Ścieżki w modelu Bit Pathways zależne są od kontekstu aplikacji definiowanego jako zbiór C postaci:

$$C = \{V_T^+, E_T^*, S_T^*, A_T^+\} \quad (1)$$

gdzie:

V_T – zbiór dopuszczalnych typów wierzchołków,

E_T – zbiór dopuszczalnych typów krawędzi,

S_T – zbiór dopuszczalnych słowników i klasyfikacji,

A_T – zbiór dopuszczalnych typów atrybutów.

Zbiór dopuszczalnych typów wierzchołków definiowany jest w kontekście aplikacji systemu Bit Pathways. Zakłada się, iż zbiór ten nie może być pusty. Typy wierzchołków, które mogą znaleźć się w tym zbiorze to na przykład bloki graniczne (owalne kształty), blok decyzyjny (romb), blok operacyjny (prostokąt), podścieżka (prostokąt z dwoma prostopadłymi do podstawy odcinkami), komentarz graficzny (kwadratowy nawias otaczający tekst z łącznikiem zapisywanym przerywaną linią).

Zbiór dopuszczalnych typów krawędzi wyznacza dostępne w systemie typy krawędzi – np. krawędź prosta bądź warunkowa.

Zbiór słowników i klasyfikacji zawiera zbiory terminów używanych w ścieżce. Elementy tego zbioru mogą być małymi kontrolowanymi zbiorami terminów lub bardzo rozbudowanymi słownikami, ustalonymi przez międzynarodowe organizacje standaryzacyjne, np. WHO. Przykładami słowników, które są obecnie stosowane w systemie Bit Pathways są na przykład nazwy faz procesu leczenia lub nazwy grup personelu szpitalnego. Duże słowniki wykorzystywane w systemie Bit Pathways to na przykład międzynarodowe klasyfikacje chorób i problemów zdrowotnych ICD10 oraz procedur ICD9CM, świadczeń prozdrowotnych NFZ (Polska) i TARMED (Szwajcaria).

Do zbioru typów atrybutów A_T mogą należeć podstawowe typy danych znane z języków programowania, np. *integer*, *boolean*, *string*, oraz typy złożone, np. *HTML*, *author*, *citation*. Zbiór A_T zawsze powinien zawierać dwa specjalne typy: *list* i *dict*, oznaczające – odpowiednio – listę wartości określonego typu oraz typ słownikowy. Zbiory należące do kontekstu mogą być uzupełniane nowymi typami przez autorów rozszerzeń modelu Bit Pathways (inżynierowe wiedzy) i instalowane przez administratorów. Należy jednak pamiętać, iż rozszerzenia kontekstu powodują zerwanie kompatybilności ze ścieżkami edukacyjnymi zdefiniowanymi w innych kontekstach, dlatego powinny być stosowane wyłącznie po dokładnym rozważeniu przyczyn wprowadzenia zmiany oraz jej konsekwencji.

5.1.1.2. Warstwa szablonów

Szablon w modelu Bit Pathways definiowany jest jako zbiór T

$$T = \{AG^*, A^*, AB^*, MT^*\} \quad (2)$$

W skład szablonu T wchodzi zbiór grup atrybutów AG , zbiór atrybutów A oraz zbiór AB . Zbiór AB zawiera uporządkowane pary powiązań grup atrybutów z poszczególnymi typami wierzchołków grafu V_T , krawędzi E_T .

$$AB \subset AG \times (V_T \cup E_T) \quad (3)$$

Istnieje również możliwość przypisania grup atrybutów do całej ścieżki P . W tym celu należy dodać do zbioru dopuszczalnych typów wierzchołków specjalnego wierzchołka „PATH”.

Elementami AG są atrybuty $a \in A$ o określonym typie $a_t \in A_T$. MT to metadane szablonu (np. opis szablonu w języku naturalnym, dane autora, itd.).

5.1.1.3. Warstwa ścieżek

Ścieżką (P) w modelu Bit Pathways jest zbiór postaci:

$$P = \{X^?, RT^*, MR^*, SP^*, MG^*\} \quad (4)$$

gdzie:

X – opis ścieżki,

RT – zbiór szablonów atrybutów obsługiwanych przez ścieżkę,

MR – zbiór plików multimedialnych powiązanych ze ścieżką,

SP – zbiór ścieżek modelu Bit Pathways podrzędnych ścieżce P ,

MG – plik graficzny przedstawiający obraz ścieżki.

Opis ścieżki (X) stanowi graf, który został poszerzony o zbiory opisów poszczególnych jego elementów oraz metadanych:

$$X = \{V^*, E^*, D_V^*, D_E^*, D_P^*, R_{SP}^*, M^+\} \quad (5)$$

gdzie:

V – zbiór wierzchołków opisu ścieżki (wierzchołki są instancjami klas wierzchołków V_T zdefiniowanych w kontekście C),

E – zbiór krawędzi opisu ścieżki (krawędzie są instancjami klas krawędzi E_T zdefiniowanych w kontekście C),

D_V – zbiór wartości atrybutów wierzchołków o typach zdefiniowanych w szablonach ścieżki ze zbioru RT ,

D_E – zbiór wartości atrybutów krawędzi o typach zdefiniowanych w szablonach ścieżki ze zbioru RT ,

D_P – zbiór wartości atrybutów przypisanych ogólnie do ścieżki o typach zdefiniowanych w szablonach ścieżki ze zbioru RT ,

R_{SP} – zbiór odsyłaczy do podścieżek ze zbioru SP aktualnej ścieżki P . Odsyłacz wskazuje wierzchołek ze zbioru V , którego wybranie spowoduje otwarcie podścieżki $sp \in SP$ oraz identyfikator podścieżki sp , który umożliwia jej zlokalizowanie w pakiecie ścieżki P ; każda podścieżka może być traktowana jako niezależna ścieżka.

M – zbiór metadanych ścieżki (są to atrybuty wspólne dla wszystkich opisów ścieżki, niezależne od wybranego kontekstu ani zbioru szablonów; należą do nich informacje o autorach ścieżki, czasie powstania, grupie studenckiej, wybranym temacie, uprawnieniach dostępu, kontekście, wybranych szablonach atrybutów i podścieżek aktualnej ścieżki).

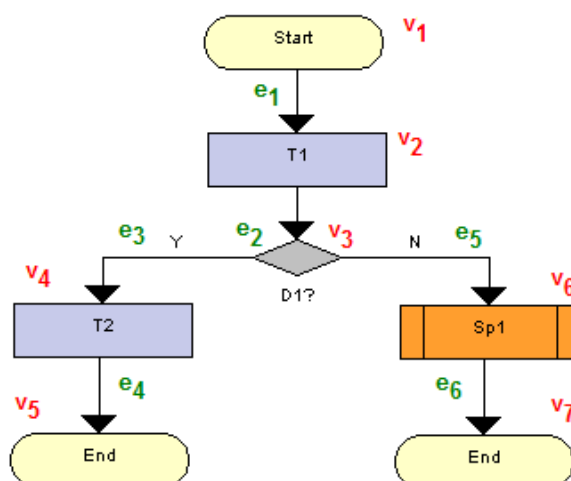
Zbiór RT to podzbiór szablonów ścieżek wybranych ze zbioru T do zastosowania w konkretnej instancji ścieżki P . Zbiór MR zawiera pliki multimedialne powiązane z wartościami atrybutów ścieżki D_V , D_E i D_P . Pliki multimedialne powinny być zapisane w formatach obsługiwanych przez przeglądarki internetowe (np. PNG, JPG, SWF, FLV, MOV). Element MG to plik graficzny przedstawiający obraz ścieżki. Jest to element redundantny, który może być wygenerowany automatycznie z opisu ścieżki X . Plik graficzny tworzony jest ze względów wydajnościowych (aby nie trzeba było go generować od nowa przy każdym dostępie użytkownika do ścieżki co niepotrzebnie obciążałoby serwer) i przechowywany w bazie danych lub dodawany do eksportowanego pakietu ścieżki.

5.1.2. Definicja ścieżki „Przykład 1” wg modelu Bit Pathways

Poniżej przedstawiono prostą ścieżkę „Przykład 1”, wyjaśniającą strukturę modelu Bit Pathways. Schemat tej ścieżki prezentuje rysunek 13.

Ścieżka złożona jest z siedmiu wierzchołków pięciu typów połączonych sześcioma krawędziami jednego typu. Każdy z typów wierzchołków i krawędzi ma przypisaną jedną grupę atrybutów („ogólne”) z jednym atrybutem („podpis”).

W dalszych podpunktach zaprezentowane będą poszczególne kroki procesu definiowania ścieżki.



Rys. 13. Ścieżka „Przykład 1” wg modelu Bit Pathways

5.1.2.1. Warstwa kontekstu ścieżki „Przykład 1”

$C = \{V_T, E_T, S_T, A_T\}$,

$V_T = \{\text{TASK, DECISION, START, END, SUBPATH, PATH}\}$,

$E_T = \{\text{SIMPLE_EDGE}\}$,

$S_T = \emptyset$,

$A_T = \{\text{dict, list, string}\}$.

Powyżej zdefiniowano pięć typów wierzchołków: TASK – prostokątny węzeł oznaczający czynność, DECISION – romb oznaczający miejsce podjęcia decyzji, START – owalny element startowy, END – owalny element końcowy, SUBPATH – prostokątny węzeł oznaczający podścieżkę oraz jeden typ krawędzi SIMPLE_EDGE. Należy tu pamiętać, że dodatkowy typ wierzchołka PATH oznacza całą ścieżkę. Nie zdefiniowano żadnych słowników. Został dopuszczony jeden dodatkowy (poza obowiązkowymi) typ atrybutu – „string” – oznaczający zwykły łańcuch znaków. Wygląd elementów graficznych oraz edytorów poszczególnych typów danych zdefiniowany jest w aplikacji Bit Pathways przez implementację stosownych interfejsów przygotowanych dla wierzchołków, krawędzi, typów danych i słowników (opisanych w części implementacyjnej tej pracy).

5.1.2.2. Warstwa szablonu ścieżki „Przykład 1”

$RT = \{T_1\}$

$T_1 = \{A, AG, AB, MT\}$

$A = \{a_1\}$

$a_1 = \text{attribute(string, „podpis”)}$

$AG = \{ag_1\}$

$$ag_1 = \text{attribute_group}(„\text{ogólne}”, \{a_1\})$$

$$AB = \{ab_1, ab_2, \dots, ab_7\}$$

$$ab_1 = (\text{PATH}^{23}, ag_1)$$

$$ab_2 = (\text{TASK}, ag_1)$$

$$ab_3 = (\text{DECISION}, ag_1)$$

$$ab_4 = (\text{START}, ag_1)$$

$$ab_5 = (\text{END}, ag_1)$$

$$ab_6 = (\text{SUB_PATH}, ag_1)$$

$$ab_7 = (\text{SIMPLE_EDGE}, ag_1)$$

W warstwie szablonu zdefiniowano jeden szablon T_1 z jedną grupą atrybutów ag_1 (o nazwie „ogólne”), zawierającą jeden atrybut „podpis” typu *string*. Grupa atrybutów ag_1 powiązana została z każdym typem wierzchołka i krawędzi (ab_{2-7}) oraz ogólnie z całym opisem X ścieżki P (ab_1). Funkcje *attribute*, *attribute_group* są konstruktorami tworzącymi instancję elementu określonego typu. Notacja funkcyjna została wprowadzona po to, aby pokazać, jakie parametry są niezbędne do utworzenia nowego elementu.

5.1.2.3. Warstwa ścieżki dla podanego przykładu

$$P = \{X, RT, MR, SP, MG\}$$

$$X = \{V, E, D_V, D_E, D_P, R_{SP}, M\}$$

$$RT = \{T_1\}$$

$$MR = \emptyset$$

$$MG \rightarrow \text{Rys. 13}^{24}$$

$$SP = \{SP_1\}$$

$$SP_1 = \{\emptyset\}$$

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_7\}$$

$$v_1 = \text{verticle}(\text{START})$$

$$v_2 = \text{verticle}(\text{TASK})$$

$$v_3 = \text{verticle}(\text{DECISION})$$

²³ Wartość „PATH” w krotce (PATH, ag_1) oznacza przypisanie grupy ag_1 ogólnie do całej ścieżki P , a nie do jednego konkretnego typu wierzchołka bądź krawędzi.

²⁴ Obraz graficzny ścieżki przedstawiony został na Rys. 13

$v_4 = \text{verticle}(\text{TASK})$

$v_5 = \text{verticle}(\text{END})$

$v_6 = \text{verticle}(\text{SUBPATH})$

$v_7 = \text{verticle}(\text{END})$

$E = \{e_1, e_2, \dots, e_6\}$

$e_1 = \text{edge}(\text{SIMPLE_EDGE}, v_1, v_2)$

$e_2 = \text{edge}(\text{SIMPLE_EDGE}, v_2, v_3)$

$e_3 = \text{edge}(\text{SIMPLE_EDGE}, v_3, v_4)$

$e_4 = \text{edge}(\text{SIMPLE_EDGE}, v_4, v_5)$

$e_5 = \text{edge}(\text{SIMPLE_EDGE}, v_3, v_6)$

$e_6 = \text{edge}(\text{SIMPLE_EDGE}, v_6, v_7)$

$D_v = \{dv_1, dv_2, \dots, dv_7\}$

$dv_1 = \text{attribute_value}(v_1, a_1, \text{„Start”})$

$dv_2 = \text{attribute_value}(v_2, a_1, \text{„T1”})$

$dv_3 = \text{attribute_value}(v_3, a_1, \text{„D1?”})$

$dv_4 = \text{attribute_value}(v_4, a_1, \text{„T2”})$

$dv_5 = \text{attribute_value}(v_5, a_1, \text{„End”})$

$dv_6 = \text{attribute_value}(v_6, a_1, \text{„Sp1”})$

$dv_7 = \text{attribute_value}(v_7, a_1, \text{„End”})$

$D_e = \{d_{e1}, d_{e2}\}$

$de_1 = \text{attribute_value}(e_1, a_1, \text{„Y”})$

$de_2 = \text{attribute_value}(e_2, a_1, \text{„N”})$

$D_p = \{d_{p1}\}$

$d_{p1} = \text{attribute_value}(\text{PATH}, a_1, \text{„Przykład 1”})$

$R_{SP} = \{(v_6, sp_1)\}$

W warstwie ścieżki zdefiniowana jest ścieżka P z powiązaniem jednym szablonem T_1 . Ścieżka P zawiera jedną podścieżkę SP_1 (aktywowaną po wybraniu węzła v_6), która nie posiada żadnych elementów. Ze ścieżką P nie są powiązane żadne pliki multimedialne MR . Obraz graficzny ścieżki przedstawiony został na rysunku 13. Funkcje *verticle*, *edge*, *attribute_value* to konstruktory analogiczne do opisanych już w punkcie 5.1.2.3.

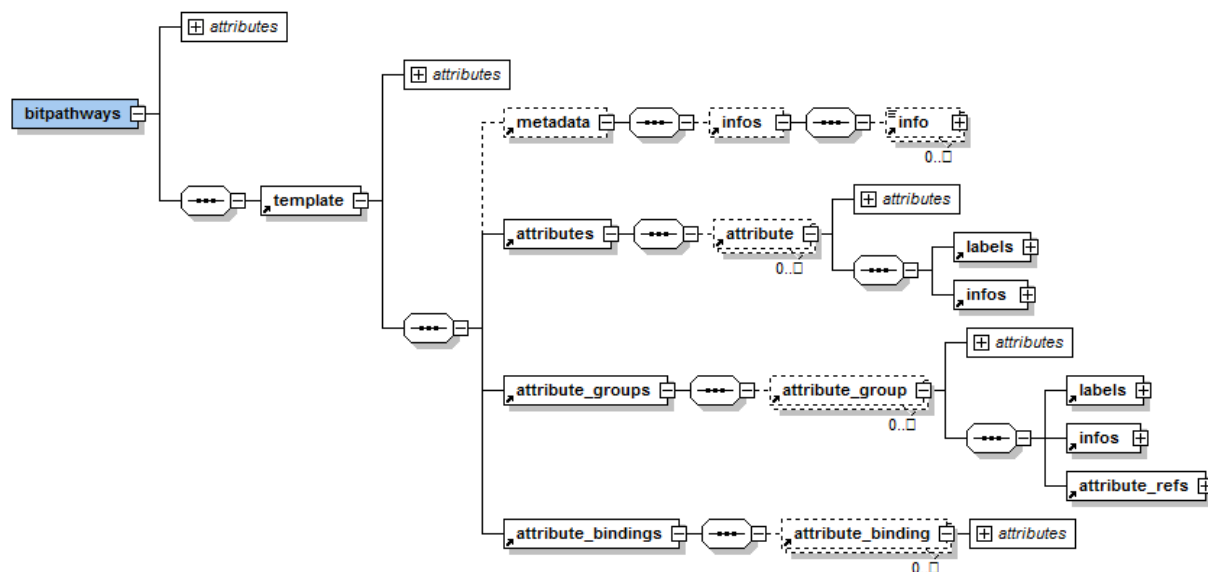
5.1.3. Definicja gramatyki

Model Bit Pathways może być zrealizowany przy użyciu różnych technologii. Zdecydowano zaimplementować ją w standardzie XML (XML Schema) [175][202] głównie ze względu na jego dużą popularność. Oczywiście, możliwe jest również dokonanie realizacji modelu w alternatywnych technologiach, takich jak np. RDF Schema [197] czy JSON [194].

Przy tworzeniu opisu gramatyki w standardzie XML Schema pomocne było narzędzie Altova XML Spy 2008 [203].

5.1.3.1. Definicja gramatyki szablonu opisu ścieżki

Rysunek 14 przedstawia uproszczony schemat gramatyki opisu szablonu ścieżki. Drzewo opisu ścieżki ma cztery główne gałęzie opisane w tabeli 6. Plik z definicją gramatyki szablonów ścieżek znajduje się na dołączonej do pracy płycie CD (plik /model/gt.xsd).



Rys. 14. Uproszczony schemat gramatyki opisu szablonu ścieżki

Tab. 6. Główne gałęzie opisu szablonu T

Gałąź drzewa opisu	Opis
/bitpathways/template/ metadata	Metadane szablonu ścieżki (zbiór MT). Zawiera informacje na temat autora szablonu oraz ogólny opis przeznaczenia szablonu.
/bitpathways/template/ attributes	Definicja atrybutów elementów opisu ścieżki (zbiór A).
/bitpathways/template/ attribute_groups	Definicja grup atrybutów (zbiór AG).
/bitpathways/template/ attribute_binding	Powiązanie atrybutów z wierzchołkami (zbiór AB).

Na dołączonej do tekstu pracy płycie CD znajduje się plik z pełnym opisem szablonu ścieżki T_1 przedstawionego w punkcie 5.1.2.2 (plik /templates/t_simple_v001.xml).

Warto podkreślić, że model Bit Pathways umożliwia opracowywanie szablonów wielojęzycznych, bardzo przydatnych w projektach międzynarodowych. Rysunek 15 przedstawia w składni XML definicję atrybutu `label` z opisem w trzech językach (polskim, angielskim i niemieckim). Wersja językowa opisu wybierana jest w zależności od ustawień środowiska Bit Pathways na komputerze użytkownika.

```

<attributes>
  <attribute id="label" type="string">
    <labels>
      <label xml:lang="pl">Podpis</label>
      <label xml:lang="en">Label</label>
      <label xml:lang="de">Etikett</label>
    </labels>
    <infos>
      <info xml:lang="pl">Krótki opis elementu</info>
      <info xml:lang="en">Short description of the element</info>
      <info xml:lang="de">Kurze Beschreibung des Elements</info>
    </infos>
  </attribute>
</attributes>

```

Rys. 15. Wielojęzyczna deklaracja typu atrybutu „label” w szablonie modelu Bit Pathways

Raz zdefiniowany atrybut lub grupa atrybutów mogą być w szablonie modelu Bit Pathways wykorzystywane wielokrotnie. Zdefiniowana wcześniej grupa atrybutów `general` użyta jest w opisie wierzchołków typu TASK, DECISION i START (Rys. 16).

```

<attribute_bindings>
  <attribute_binding type="TASK" ag_ref="general" order="1" />
  <attribute_binding type="DECISION" ag_ref="general" order="1" />
  <attribute_binding type="START" ag_ref="general" order="1" />
</attribute_bindings>

```

Rys. 16. Wielokrotne wykorzystanie grupy atrybutów w szablonie modelu Bit Pathways

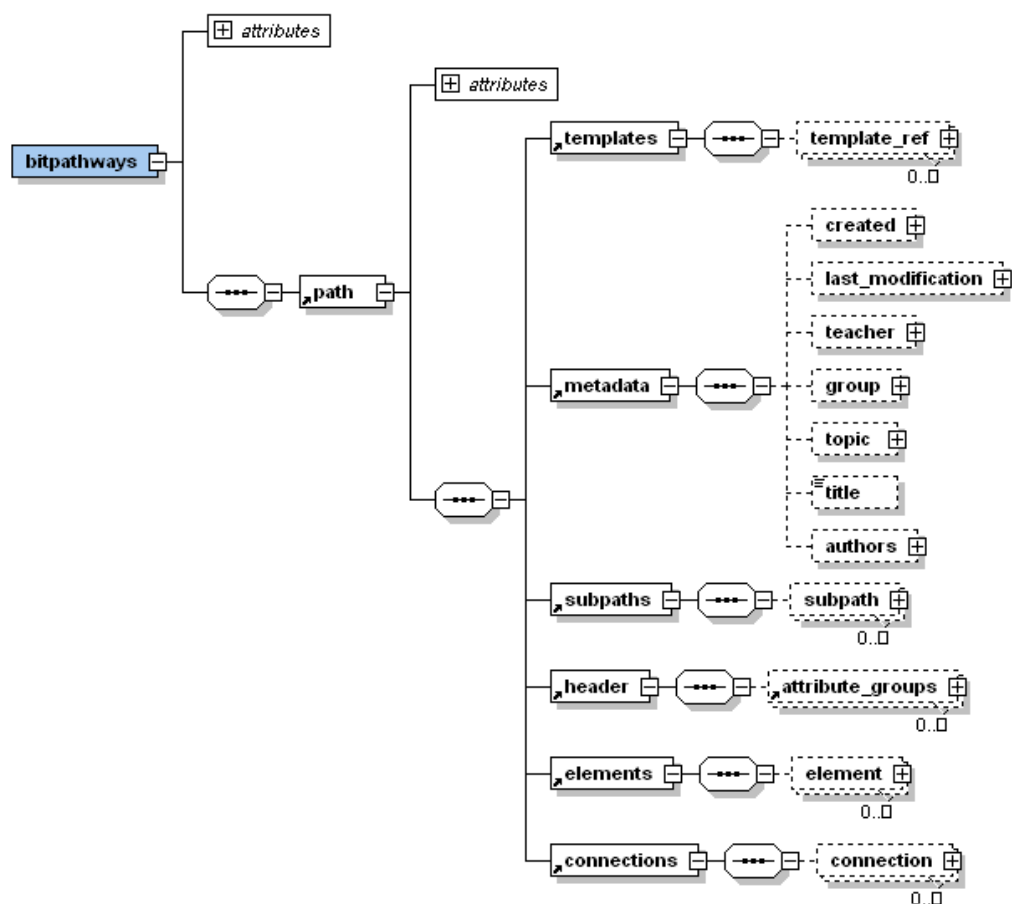
Do pracy dołączony jest również bardziej rozbudowany szablon T_2 , stosowany w ramach ćwiczeń konstruowania ścieżek klinicznych, prowadzonych dla doktorantów kierunków medycznych Collegium Medicum (plik /templates/t_cp_v001.xml). W aneksie do pracy przedstawiono opis atrybutów tego szablonu.

5.1.3.2. Definicja gramatyki opisu ścieżek

Rysunek 17 przedstawia uproszczony schemat gramatyki opisu ścieżki. Plik XML zgodny z tą gramatyką podzielony jest na sześć zasadniczych części opisanych w tabeli 7. Plik z definicją gramatyki opisu ścieżki znajduje się na dołączonej do pracy płycie CD (plik /model/gx.xsd).

Tab. 7. Główne gałęzie opisu ścieżki P

Gałąź drzewa opisu	Opis
/bitpathways/path/ templates	Zawiera odsyłacze do używanych w ścieżce X szablonów atrybutów zbioru T .
/bitpathways/path/ metadata	Zawiera metadane pliku ścieżki: informuje o autorze (autorach) ścieżki oraz o osobie, która jako ostatnia modyfikowała ścieżkę. Dodatkowo przechowywane są informacje dotyczące wybranego tematu ścieżki, nauczyciela opiekującego się pracą, grupy dziekanatowej studentów, itd.
/bitpathways/path/ subpaths	Zawiera identyfikatory ścieżek, które są podścieżkami $sp \in SP$ danej ścieżki P oraz identyfikatory wierzchołków $v \in V$, których wybranie przez użytkownika powoduje przejście do danej podścieżki.
/bitpathways/path/ header	Zawiera wartości atrybutów opisujące ogólnie całą ścieżkę D_P .
/bitpathways/path/ elements	Zawiera wartości atrybutów poszczególnych wierzchołków ścieżki D_v .
/bitpathways/path/ connections	Zawiera wartości atrybutów krawędzi ścieżki D_E .



Rys. 17. Uproszczony schemat gramatyki opisu ścieżki

Na dołączonej do tekstu pracy płycie CD znajduje się plik z opisem przykładu ścieżki, zgodnym z gramatyką modelu Bit Pathways (plik /model/x_1.xml). Ścieżka oraz wszystkie zaprezentowane w tym punkcie fragmenty kodu odnoszą się do zdefiniowanej w punkcie 5.1.2 ścieżki „Przykład 1”.

Rysunek 18 przedstawia opis w składni XML wierzchołka $v_2 \in V$ o typie v_{T2} = „TASK” (prostokątny element oznaczający czynność). Węzeł ma w elemencie `bounds` zdefiniowane właściwości graficzne (wymiary 30 na 100 pikseli oraz lokalizację określającą położenie górnego lewego narożnika w punkcie (199;112)). Atrybut typu `label` ma ustaloną wartość „T1”.

```

<element type="TASK" id="v2">
  <bounds height="30" width="100" x="199" y="112"/>
  <attribute_groups>
    <attribute_group template="t1" type_id="general">
      <attribute type_id="label">
        <value><![CDATA[T1]]></value>
      </attribute>
    </attribute_group>
  </attribute_groups>
</element>

```

Rys. 18. Definicja wierzchołka w opisie XML ścieżki modelu Bit Pathways

Rysunek 19 przedstawia definicję w składni XML krawędzi $e_5 \in E$ o typie $e_T = \text{„SIMPLE_EDGE”}$. Krawędź łączy wierzchołki v_3 i v_6 . Krawędź ma jeden atrybut typu `label` z ustaloną wartością „N”.

```

<connection type="SIMPLE_EDGE" id="e5" src="v3" dest="v6">
  <attribute_groups>
    <attribute_group template="t1" type_id="general">
      <attribute type_id="label">
        <value><![CDATA[N]]></value>
      </attribute>
    </attribute_group>
  </attribute_groups>
</connection>

```

Rys. 19. Definicja krawędzi w opisie XML ścieżki modelu Bit Pathways

Odsyłacze do podścieżek R_{SP} ścieżki P deklarowane są w węźle `subpaths`. Rysunek 20 przedstawia odwołanie do ścieżki $sp1 \in SP$. Odwołanie następuje z wierzchołka v_6 , identyfikator podścieżki to „bb83abe4”.

```

<subpaths>
  <subpath element_id="v6" id="bb83abe4"/>
</subpaths>

```

Rys. 20. Deklaracja podścieżki w opisie XML ścieżki modelu Bit Pathways

Jak już wcześniej wspomniano, ścieżki w modelu Bit Pathways mogą zawierać odtwarzane przez przeglądarki internetowe pliki multimedialne (np. obrazy JPG, PNG, animacje SWF, filmy FLV, MOV). Elementy te wstawiane są do opisu ścieżki w atrybutach typu „HTML” z zastosowaniem standardowych dla tych przypadków elementów języka HTML – np. element `<img>` – dla obrazów JPG i PNG albo element `<object>` – dla filmów i animacji. Multimedia mogą być zlokalizowane zdalnie lub umieszczone lokalnie na serwerze użytkownika. W tym drugim przypadku korzeniem systemu plików powinien być katalog `resources`, znajdujący się na tym samym poziomie drzewa plików co pliki z opisem ścieżek.

5.1.4. Dalsze kierunki rozwoju modelu Bit Pathways

Celem przedstawionego modelu Bit Pathways jest dostarczenie możliwie prostego, lecz zarazem elastycznego formatu zapisu wiedzy proceduralnej. Oczywiście, możliwe są dalsze rozszerzenia modelu, z których jednak w tej wersji modelu zrezygnowano, aby nie obciążać użytkownika dodatkową, wynikającą z rozszerzeń złożonością oraz by nie utrudniać implementacji modelu, który miał być zweryfikowany w praktyce. Autor zakłada jednak, iż po przejściu okresu próbnego, sprawdzającego jak radzą sobie użytkownicy z obecną wersją trzech warstw modelu, powróci do naszkicowanych poniżej pomysłów.

Pierwszym pomysłem rozszerzenia modelu jest dodanie relacji dziedziczenia, która mogłaby łączyć elementy zbiorów typów wierzchołków V_T i krawędzi E_T . Zbliżyłoby to model Bit Pathways do bardzo popularnej obecnie w informatyce koncepcji projektowania obiektowego. Biorąc jako przykład ścieżkę opisaną w punkcie 5.1.2 można ustalić, iż wszystkie wierzchołki ze zbioru V_T połączone byłyby relacją dziedziczenia z abstrakcyjnym wierzchołkiem typu $ABSTRACT_NODE \in V_T$. Wszystkie grupy atrybutów powiązane z typem $ABSTRACT_NODE$ byłyby również dostępne dla dziedziczących z niego wierzchołków $TASK$, $START$, END i $DECISION$. Biorąc jednak pod uwagę niewielki stopień skomplikowania stosowanych obecnie w praktyce szablonów (jeden z nich opisany jest w aneksie 10.2 tej pracy), korzyści wyniesione z wprowadzenia tego elementu byłyby małe, a obciążenie implementacyjne – duże.

Drugim pomysłem rozszerzenia jest formalizacja elementów rozgałęziających, umożliwiającą automatyczne przemieszczanie znacznika stanu przejścia ścieżki w zależności od warunków środowiska zewnętrznego (np. odpowiedzi udzielanych przez użytkownika systemu bądź wartości w elektronicznym rekordzie pacjenta). W takiej rozszerzonej implementacji modelu Bit Pathways kontekst C poszerzony byłby o dodatkowy element DS , określający zewnętrzne źródła informacji.

$$C = \{V_T, E_T, S_T, A_T, DS\} \quad (6)$$

Do zbioru DS mogłyby należeć różne zewnętrzne źródła danych wchodzące w skład szpitalnego systemu obsługi pacjenta [98], takie jak elektroniczny rekord pacjenta, system rezerwacji sal, specjalistyczny system wspomagania decyzji. Spójność modelu danych gwarantowałaby zastosowanie wirtualnego rekordu pacjenta (vMR) zgodnego z referencyjnym modelem HL7 RIM [76]. Osobnym typem źródła danych mogłoby być środowisko wykonywania ścieżki, np. przeglądarka internetowa. Interakcje użytkownika z przeglądarką (np. wpisywanie w formularzach wartości wyświetlanych jako wartości atrybutów ścieżki) mogłyby być wykorzystywane do dynamicznego rozwijania ścieżki klinicznej i pokazywania tylko tych elementów ścieżki, które mają zastosowanie w aktualnej sytuacji. W rozszerzonym modelu każda z krawędzi $e \in E$ miałaby niezależne od wybranego szablonu pole o wartościach ze zbioru ograniczeń $cs_1 \in CS$. Ograniczenie to mogłoby być wyrażone w istniejącym już języku stosowanym do tych celów, np. GELLO [158].

Krawędź w poszerzonym modelu miałaby na przykład postać: $e_3 = \text{edge}(\text{SIMPLE_EDGE}, v_3, v_4, cs_1)$.

Gdyby warunek przejścia ścieżki tą krawędzią brzmiał: „*pacjent stosuje więcej niż jeden lek hipotensyjny*”, wyrażenie w składni GELLO miałoby postać zaprezentowaną na rysunku 21. [158]:

```
cs1 = 'Let hypotensive_agents : CodedValue = CodedValue.new("SNOMED-CT", "1182007")
MedicationOrder->select(code.subclassOf(hypotensive_agents) and
effectiveTime.high = null)->size() > 1'
```

Rys. 21. Postać warunku przejścia krawędzi w notacji GELLO

Wyrażenie warunkowe przedstawione na rysunku 21 pobiera z serwisu terminologicznego pojęcie w klasyfikacji SNOMED-CT o identyfikatorze 1182007, oznaczające „Antihypertensive Agents” (lek hipotensyjny, nazwa ta nie jest widoczna w kodzie języka GELLO – można ją sprawdzić w słowniku nomenklatury SNOMED-CT), a następnie przeprowadza kwerendę w elektronicznym rekordzie pacjenta, której wynikiem jest zbiór leków tej klasy przypisanych do aktualnie wybranego pacjenta. Warunek reprezentowany przez wyrażenie logiczne z rysunku 9 jest spełniony, jeżeli moc zbioru będącego wynikiem kwerendy jest większa od 1. Spełnienie tego warunku w systemie EHR rozwijałoby elementy następujące po krawędzi e_3 , ukrywając pozostałe poddrzewa ścieżki wychodzące z węzła decyzyjnego v_3 .

Brak uwzględnienia ograniczeń typu CS w obecnej wersji ogólnego modelu Bit Pathways nie przekreśla możliwości tworzenia już na tym etapie rozwoju systemu specjalnych szablonów, w których istniałyby typy wierzchołków i krawędzi mających przypisane atrybuty typu zawierające wyrażenia GELLO. W przypadku gdy ścieżki wyposażone w tego typu szablony okażą się przydatne w praktyce, w kolejnej wersji modelu będzie można rozważyć ich trwale (niezależne od szablonu) wdrożenie w systemie Bit Pathways.

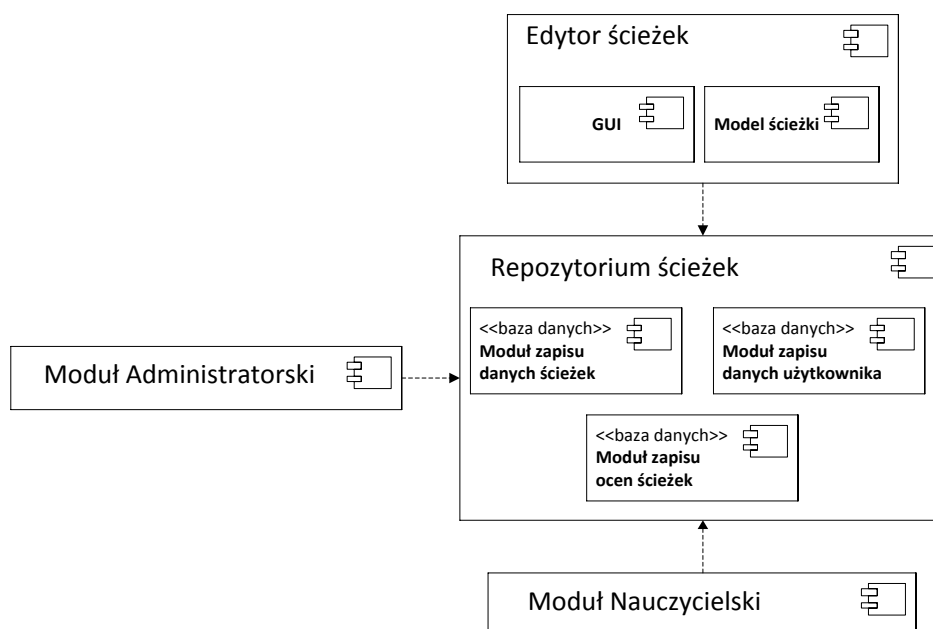
5.2. Architektura systemu

Jedną z pierwszych definicji architektury systemu informatycznego podali Brookers i Iverson w roku 1969 [12]. Za architekturę systemu uznali pojęciową strukturę komputera w postaci widzianej przez programistę. Według współczesnej definicji organizacji IEEE architektura systemu jest to podstawowy sposób organizacji systemu wraz z jego składnikami, ich wzajemnymi relacjami, środowiskiem pracy i regułami określającymi sposób jego budowy i dalszego rozwoju [71]. Ze względu na dużą objętość tekstu, zajmowaną zazwyczaj przez szczegółowy projekt architektury systemu informatycznego, przy ograniczonej wartości naukowej takiego opisu, zrezygnowano tutaj ze szczegółowej charakterystyki architektury systemu Bit Pathways, koncentrując się na ogólnym zarysie statycznej struktury organizacji kodu. Celowo pominięto tu opis części dynamicznej systemu, zakładając iż była już w wystarczająco ogólny sposób scharakteryzowana przy opisie scenariuszy wykorzystania ścieżek klinicznych (rozdział 3.3) i analizie

przypadków użycia systemu (rozdział 4.1). Podobnie jak to miało miejsce dla opisu przypadków użycia, zdecydowano się na wykorzystanie notacji UML 2 [167].

5.2.1. Diagram komponentów systemu Bit Pathways

Model systemu przedstawiony będzie w pierwszej kolejności w postaci diagramu komponentów, który przedstawia logiczny podział systemu na zwarte moduły. Komponent z jednej strony zawiera w sobie zestaw prostszych składników: pakietów i klas; z drugiej reprezentuje na zewnątrz pewien zakres usług i może komunikować się z innymi komponentami. Istotnym jest to, by powiązania występujące pomiędzy komponentami były możliwie luźne, tak by w razie potrzeby można było wymieniać jedną implementację komponentu na drugą, lub powtórnie wykorzystywać komponenty w innych zastosowaniach. Rysunek 22 przedstawia diagram komponentów systemu Bit Pathways.



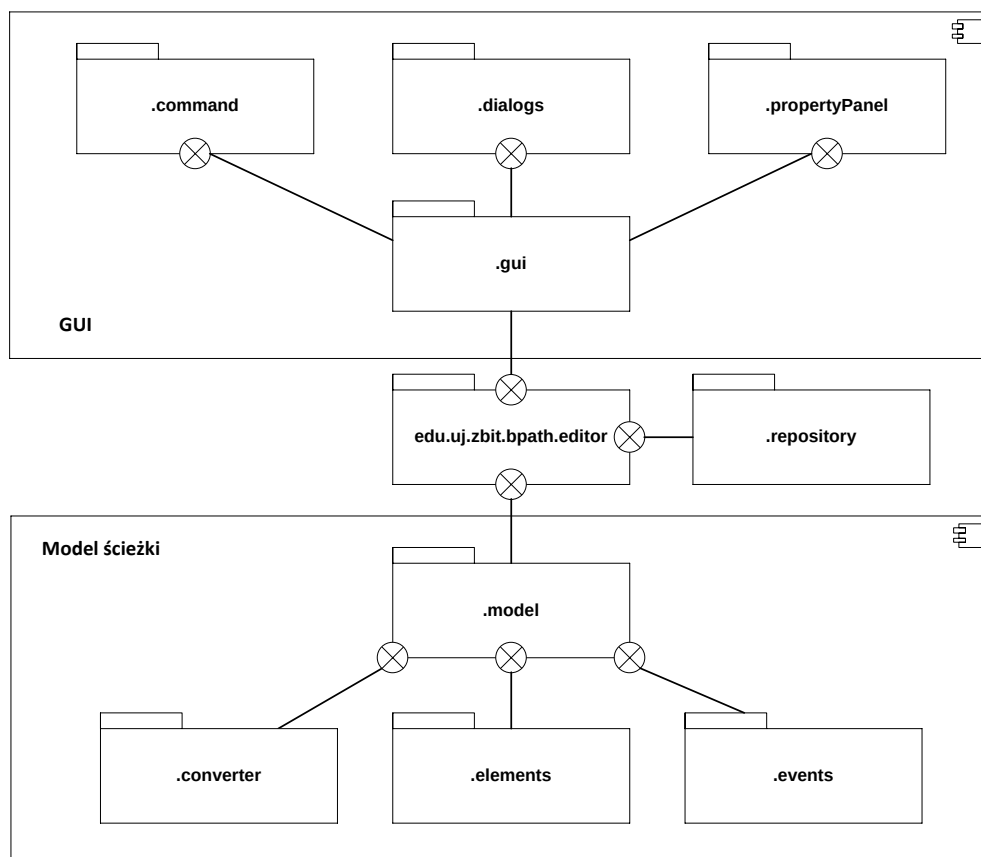
Rys. 22. Diagram komponentów systemu Bit Pathways

Diagram komponentów składa się z czterech głównych składników:

- Repozytorium ścieżek. Zawiera ono mniejsze komponenty bazodanowe: moduł zapisu danych ścieżek, moduł danych użytkowników, moduł ocen ścieżek. Cechą charakterystyczną modułu ma być możliwość równoczesnego wykorzystania przez system kilku instancji tego komponentu wdrożonych w różnych węzłach systemu.
- Edytor ścieżek (z mniejszymi komponentami: graficzny interfejs użytkownika, model ścieżki).
- Moduł nauczycielski.
- Moduł administratorski.

5.2.2. Struktura komponentu „Edytor ścieżek”

Projektując sposób prezentacji systemu zdecydowano, że jeden z komponentów należy przedstawić bardziej szczegółowo. Ze względu na złożoność i duże znaczenie dla całego systemu wybór padł na graficzny edytor. Rysunek 23 przedstawia diagram pakietów komponentu edytor ścieżek z uwzględnieniem podziału na komponenty podrzędne odpowiedzialne za implementację modelu danych i interfejsu graficznego.



Rys. 23. Diagram pakietów edytora graficznego Bit Pathways

Model ścieżki reprezentowany jest przez pakiety: centralny pakiet `model` oraz trzy zawarte w nim podpakiety `elements`, `converter`, `events`. Centralną klasą systemu Bit Pathways jest klasa `PathModel`. Zawiera ona dwie tablice elementów grafu ścieżki: węzły i krawędzie oraz metody zapewniające do nich dostęp. Mechanizm dodawania do elementów atrybutów zrealizowany jest przez klasy `AttribGroup` i `AttribGroupSet`. Pakiet `elements` zawiera wszystkie typy elementów, które mogą być dodane do modelu ścieżki. Warunkiem jest implementacja interfejsu `FlowChartElement` i dziedziczenie albo z abstrakcyjnej klasy `FlowChartNode` (w przypadku węzłów grafu) albo klasy `FlowChartEdge` (w przypadku krawędzi). Istnieje możliwość poszerzenia listy dostępnych elementów dzięki implementacji opisanego interfejsu lub dziedziczenia z istniejących klas. Pakiet `events` zawiera

klasy opisujące zmianę stanu modelu. Konsekwencją zmiany modelu jest np. przypomnienie użytkownikowi o konieczności zapisu ścieżki przy wyjściu z programu. Pakiet `converter` zawiera klasy potrzebne przy zapisie ścieżki w innym niż natywnym formacie. W skład niego wchodzi klasy pozwalające zapisać ścieżkę jako stronę WWW, oraz podpakiety (nie pokazane na rysunku 23) zawierające klasy zapisu modelu w formacie wirtualnych pacjentów MVP oraz interpretowalnych komputerowo ścieżek klinicznych GLIF.

W module graficznego interfejsu użytkownika znajduje się główne okno aplikacji, pakiet klas obsługujących możliwe do wydania polecenia (`command`), pakiet okien dialogowych (`dialog`) oraz pakiet klas obsługujących panel właściwości (`propertyPanel`). Możliwe jest oddawanie nowych edytorów przypisanych do typów atrybutów poprzez dodanie trzech nowych klas do pakietu `propertyPanel`:

- `[NewType]Editor` - implementującej graficzną postać edytora wyświetlanego po podwójnym wykonaniu kliknięcia lewym przyciskiem myszy na wartości atrybutu,
- `[NewType]CellEditor` - implementującej interfejs `TableCellEditor` klasy zarządzającej wartością atrybutu,
- `[NewType]CellRenderer` - klasy definiującej wygląd wartości atrybutu w panelu atrybutów,

gdzie `[NewType]` to nazwa nowo dodanego typu danych obsługiwane przez panel właściwości.

Dodatkowy pakiet `repository` zawarty bezpośrednio w głównym pakiecie edytora zawiera klasy odpowiedzialne za połączenie z repozytorium ścieżek. Obecnie jest to implementacja połączenia z systemem `eXist`.

6. Opis implementacji

6.1. Zakres implementacji i wybrane technologie

6.1.1. Zakres implementacji

System Bit Pathways jest implementowany według modelu przyrostowego. Implementacja pierwszej wersji dokonana została przez autora rozprawy na początku 2007 roku i od tego czasu jest systematycznie rozbudowywana. Zaimplementowana została cała opisana funkcjonalność edytora Bit Pathways, repozytorium ścieżek oraz moduł nauczycielski (moduł nauczycielski jeszcze w obowiązującej poprzednio składni modelu Bit Pathways). Nie został zaimplementowany w całości moduł administracyjny. Część pozwalająca na regularne tworzenie kopii zapasowych została zrealizowana, natomiast zarządzanie użytkownikami następuje „ręcznie” przez edycje pliku XML zlokalizowanego w repozytorium ścieżek. Implementacja wykorzystuje wiele gotowych komponentów. Autor dopisał blisko 12.000 nowych wierszy kodu programu²⁵.

6.1.2. Wybrane technologie

Zdecydowano by system powstał w technologii Java ze względu na uniwersalność języka i możliwość uruchamiania kodu na wirtualnej maszynie Javy dostępnej na różnych platformach programowych (Windows, Linux, MacOS). Początkowo powstawał z wykorzystaniem języka Java w wersji 1.4, obecnie jest kompilowany do wersji 6.0. System od początku powstawał w środowisku programistycznym Eclipse.

Interfejs użytkownika edytora graficznego powstał w technologii Java Swing [55] i może być uruchomiony bezpośrednio z Internetu za pomocą technologii Java Web Start. W momencie projektowania pierwszej wersji programu technologie programowania stron internetowych nie pozwalały jeszcze zrealizować stabilnego interfejsu użytkownika o złożoności wymaganej przez edytor ścieżek w zwykłej przeglądarce internetowej. Duży postęp w takich technologiach jak Ajax czy Adobe Flash jaki zaobserwowano od czasu powstania pierwszej wersji programu Bit Pathways pozwala rozważać możliwość realizacji kolejnej wersji tego modułu w całości w postaci aplikacji internetowej. Program wymaga dodatkowych bibliotek do obsługi technologii XML (dom4j, xalan, xerces, jaxen), raportowania błędów (log4j), darmowy edytor tekstowy (ekit) oraz połączenia z repozytorium ścieżek (xmldb, exist). Uruchomienie programu jest niezwykle proste (wybór odpowiedniej ikony w pakiecie oprogramowania) i nie wymaga żadnej instalacji poza dostępnością wirtualnej maszyny Javy na lokalnym komputerze użytkownika (aplikacja może być nawet uruchamiana bezpośrednio z CD).

²⁵ Wliczane są w to wiersze w języku Java bez pustych linii. Nie są wliczane w to pliki w formacie XML oraz JSP.

Repozytorium ścieżek zrealizowano w całości przy pomocy bezpłatnej natywnej bazy XML eXist w wersji 1.2.5 [190]. Instalacja nowego węzła repozytorium ścieżek jest bardzo szybka. Po skopiowaniu do kontenera serwera aplikacyjnego (w ramach naszej implementacji stosowany był serwer Apache Tomcat 6.0 [188]) pakietu z rozszerzeniem `.war` zawierający system eXist, wymagane jest założenie pustej bazy zawierającej plik `config.xml`. Podłączenie repozytorium do pozostałych węzłów systemu wymaga podania w ich plikach konfiguracyjnych adresu serwera oraz nazwy nowo założonej bazy danych. W Zakładzie Bioinformatyki i Telemedycyny UJ CM zainstalowane są równolegle dwie instancje węzła repozytorium ścieżek, które przypisane są różnym grupom studenckim, a w wypadku awarii jednej z nich, druga może przejąć obsługę wszystkich studentów.

Moduł nauczycielski zrealizowany został jako aplikacja internetowa w technologii Java Server Faces [50]. Do uruchomienia wymaga jedynie zwykłej przeglądarki internetowej z aktywowaną funkcją języka Java Script.

W skład system administratorskiego wchodzi prosta aplikacja Java wykonująca kopię zapasową bazy ścieżek uruchamianą cyklicznie przez proces systemowy *cron*. Konfiguracja danych użytkowników odbywa się w chwili pisania tekstu przez aplikację kliencką dostarczoną przez producenta systemu bazy danych eXist. W przyszłości planowany jest osobny moduł podobny do modułu nauczycielskiego zrealizowany w technologii Java Server Faces.

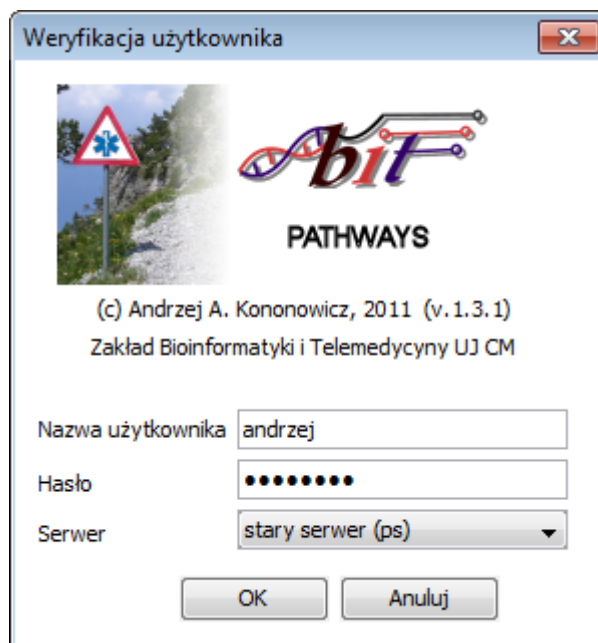
6.2. Interfejs użytkownika

W niniejszym podrozdziale przedstawione będą najważniejsze elementy graficznego interfejsu użytkownika systemu Bit Pathways. W szczególności pokazany będzie:

- interfejs graficzny edytora ścieżek Bit Pathways przeznaczony dla studentów i nauczycieli,
- interfejs graficzny modułu podglądu i oceny ścieżek przeznaczony dla nauczycieli,
- interfejs graficzny modułu administracyjnego,
- funkcje przeznaczone dla inżynierów wiedzy.

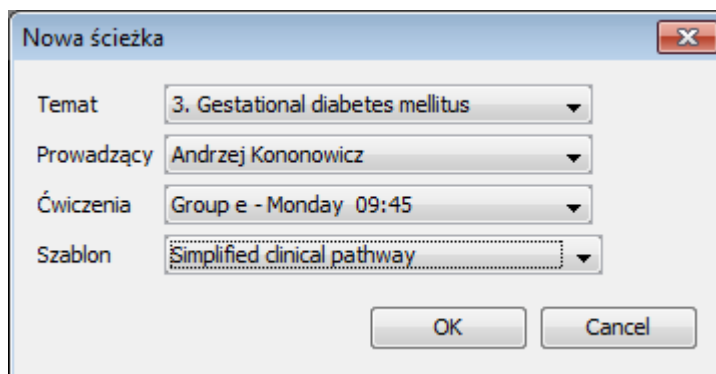
6.2.1. Edytor ścieżek

Edytor Bit Pathways powstał jako aplikacja typu desktop, czyli taka, którą instaluje się lokalnie na komputerze użytkownika. Edytor nie został zrealizowany w postaci aplikacji internetowej (webowej) ze względów opisanych w podrozdziale 6.1. Po uruchomieniu programu w wybranej wersji językowej (dostępne są trzy: polska, angielska i niemiecka), użytkownik widzi numer aktualnie zainstalowanej aplikacji, a następnie powinien podać nazwę użytkownika, hasło oraz wybrać serwer ścieżek, z którym chce się połączyć (Rys. 24).



Rys. 24. Ekran powitalny edytora Bit Pathways

Po zalogowaniu w systemie, użytkownik może wybrać albo istniejącą ścieżkę z serwera (wybór jest możliwy tylko spośród tych, do których użytkownik ma dostęp) albo utworzyć nową ścieżkę. Po wyborze nowej ścieżki następuje wybór tematu ścieżki, nauczyciela prowadzącego, terminu ćwiczeń oraz szablon atrybutów (Rys. 25). Dostępne wartości we wszystkich wymienionych polach zależą od wybranej grupy studenckiej i zapisane są na serwerze weryfikującym tożsamość użytkownika.



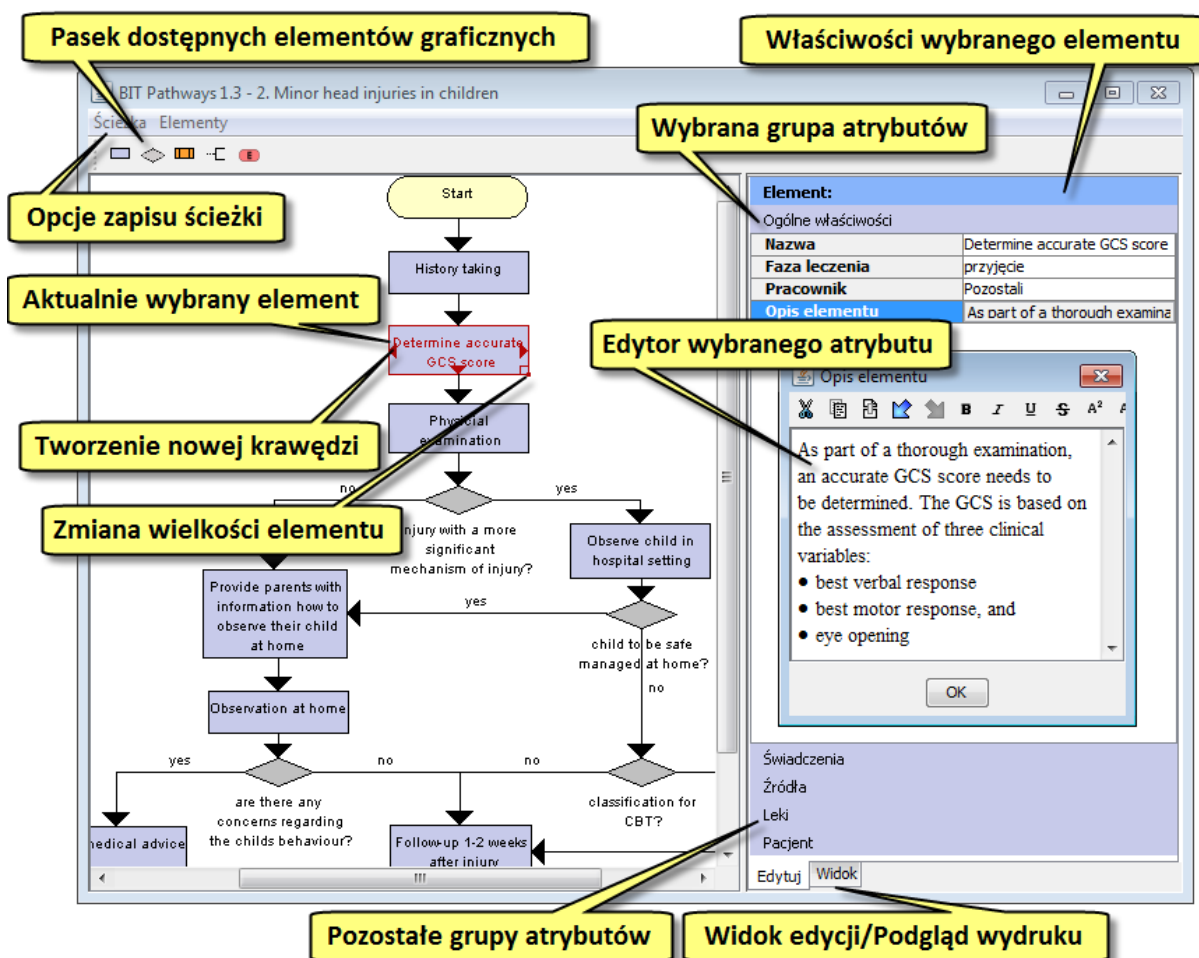
Rys. 25. Tworzenie nowej ścieżki przez studenta w programie Bit Pathways

Rysunek 26 prezentuje główny ekran edytora Bit Pathways. Podzielony jest on na trzy części:

- obszar rysunku (lewa i centralna część ekranu),
- panel właściwości (prawa część ekranu),
- pasek dostępnych elementów graficznych (górna część ekranu).

Tworzenie ścieżek polega na wyborze właściwego elementu z paska dostępnych kształtów oraz wybraniu miejsca jego lokalizacji. Użytkownik usuwa elementy ścieżki przez menu kontekstowe

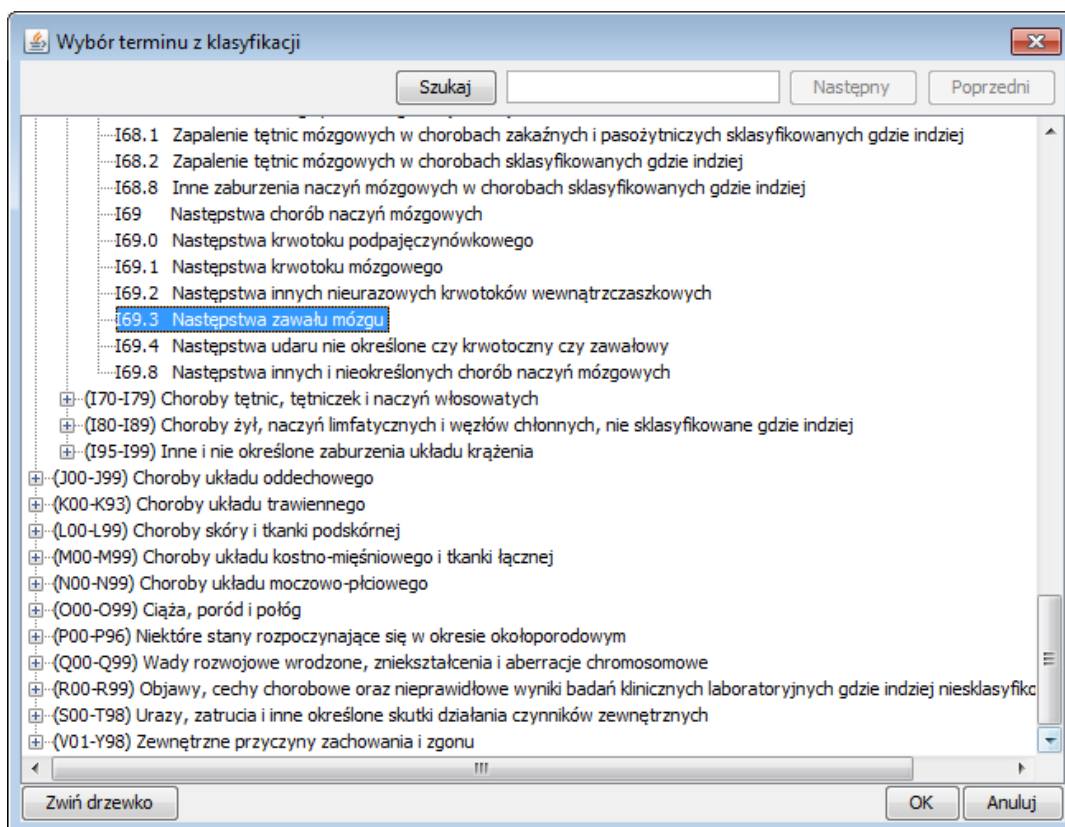
aktywowane w wyniku naciśnięcia prawego przycisku myszy. W programie można przenosić elementy na obszarze rysunku za pomocą lewego przycisku myszy (metoda „przeciągnij i upuść”). Tworzenie krawędzi następuje w wyniku wybrania elementu początkowego krawędzi, a następnie przeciągnięciu czerwonego, trójkątnego znacznika z obszaru elementu źródłowego nad element docelowy. Przebieg krawędzi wyznaczany jest automatycznie przez program Bit Pathways. W przygotowaniu jest funkcja pozwalająca użytkownikowi na większy wpływ na tor graficznego połączenia elementów grafu.



Rys. 26. Opis głównych funkcji interfejsu użytkownika edytora ścieżek Bit Pathways

Po wybraniu elementu z obszaru rysunku wyświetlane są w „panelu właściwości” dostępne dla elementu grupy atrybutów, z których jedna jest zawsze aktywna. W aktywnej grupie atrybutów widoczna jest lista wszystkich przynależnych jej atrybutów. Lista grup atrybutów oraz atrybutów określona jest w wybranym przez użytkownika szablonie ścieżki. Wartości atrybutów można edytować wykonując dwukrotne kliknięcie lewym przyciskiem myszy na wybranym polu. Część atrybutów (jak np. proste ciągi znaków *string*) edytowalne są bezpośrednio w panelu atrybutów. W przypadku bardziej złożonych typów jak np. sformatowany w języku HTML tekst (edytor wybranego atrybutu pokazany na rysunku 26. po prawej stronie), cytowania, klasyfikacje medyczne (Rys. 27.) lub katalogi świadczeń szpitalnych (Rys. 28.) dostępne

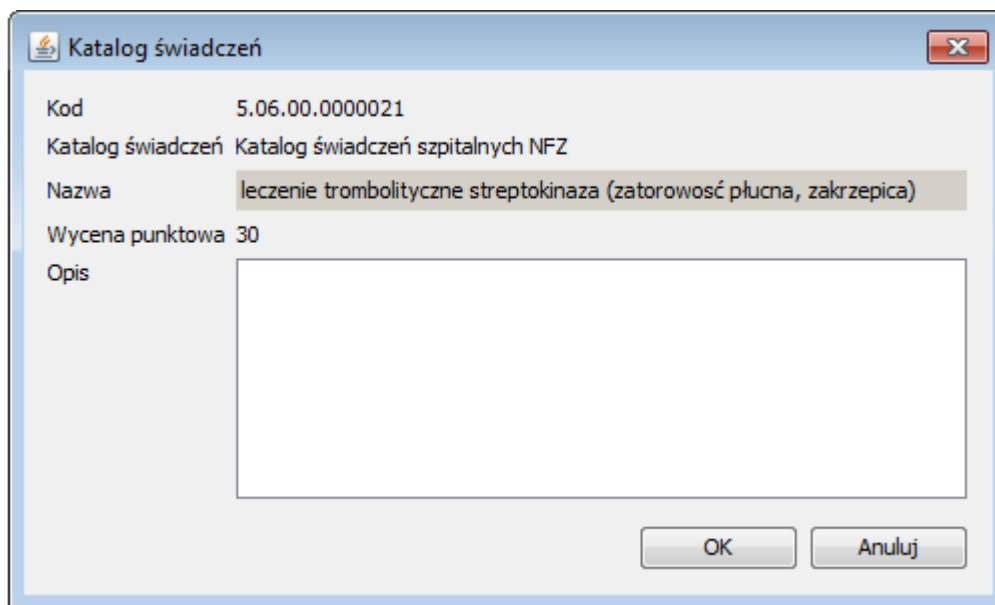
są specjalne edytory wyświetlane jako osobne okna. Wartości niektórych atrybutów mają wpływ na wygląd elementów (np. pole *Podpis* zmienia etykietę krawędzi lub elementu; pole *Pracownik* zmienia kolor tła elementu w zależności od wybranej grupy zawodowej pracowników szpitala itp.). W przypadku braku tych atrybutów w wybranym szablonie przyjmowane są domyślne ustawienia wyświetlania danego kształtu.



Rys. 27. Przykładowy typowo medyczny edytor właściwości – Kod rozpoznania ICD-10

Użytkownik przełącza pomiędzy grupami atrybutów za pomocą kliknięć wskaźnikiem myszy na nazwy grup atrybutów w „panelu atrybutów”. Dostępne na dole panelu właściwości zakładki: *widok/edytuj* dają użytkownikowi możliwość przełączania pomiędzy trybem edycyjnym (gdzie wyświetlane są jedynie wartości atrybutów skrócone do jednego wiersza) oraz trybem podglądu (gdzie wyświetlane są pełne wersje wartości atrybutów sformatowane w języku HTML, ale bez możliwości ich edycji).

Po wyborze tła (obszaru rysunku, na którym nie ma żadnego elementu) wyświetlane są grupy atrybutów i atrybuty przypisane ogólnie do całej wybranej ścieżki, a nie do konkretnych jej elementów. Lista atrybutów przypisanych ogólnie do całej ścieżki, podobnie jak jest to w przypadku listy atrybutów elementów grafu, zdefiniowana jest w wybranym przez użytkownika szablonie. Przykładami atrybutu przypisanego ogólnie do całej ścieżki w szablonie „ścieżka kliniczna” jest kod ICD choroby, którą ścieżka opisuje. W szablonie „wirtualny pacjent” przykładami atrybutów ścieżki są dane demograficzne wirtualnego pacjenta (imię i nazwisko, płeć, wiek, itd.).

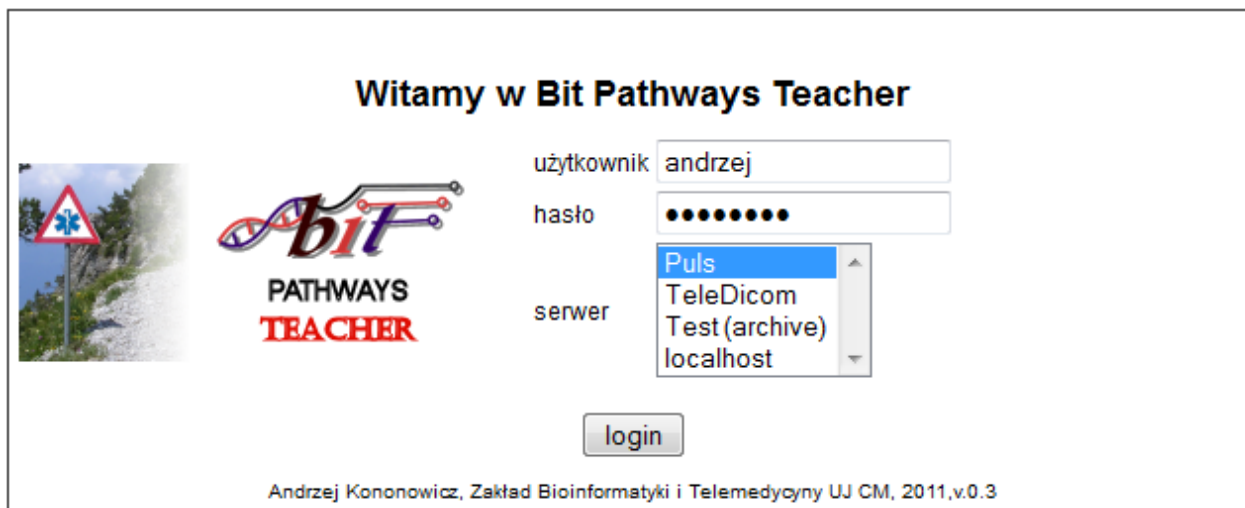


Rys. 28. Przykład edytora złożonego typu danych: typ świadczenie szpitalne

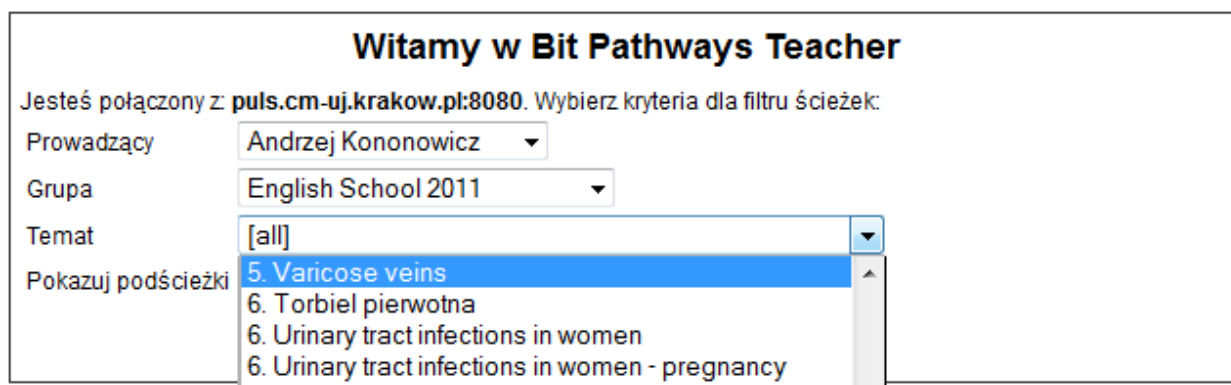
Użytkownik ma możliwość zapisu ścieżki albo zdalnie na serwerze (opcja domyślna) albo na lokalnym komputerze. Ścieżka może być zapisana w natywnym formacie systemu Bit Pathways, jako interaktywna strona internetowa w formacie HTML oraz jako plik graficzny w formacie PNG. Dodatkowe opcje zapisu ma użytkownik typu „inżynier wiedzy”.

6.2.2. Moduł nauczycielski

Moduł nauczycielski dostępny jest jako aplikacja internetowa (Rys. 29.) napisana w technologii Java Server Faces. Podobnie jak edytor umożliwia współpracę z wieloma serwerami ścieżek. Użytkownik może ustawić maskę filtracji listy ścieżek dobierając odpowiednio prowadzącego, grupę lub/i temat ścieżki (Rys. 30).



Rys. 29. Ekran powitalny modułu dla nauczycieli systemu Bit Pathways



Rys. 30. Filtr wyszukiwania ścieżek w module nauczycielskim

Po przeprowadzeniu filtracji użytkownik wybiera ścieżkę (Rys. 31.), którą może przeglądać jako interaktywną stronę internetową lub jako wydruk ścieżki.

Wykaz wybranych ścieżek:

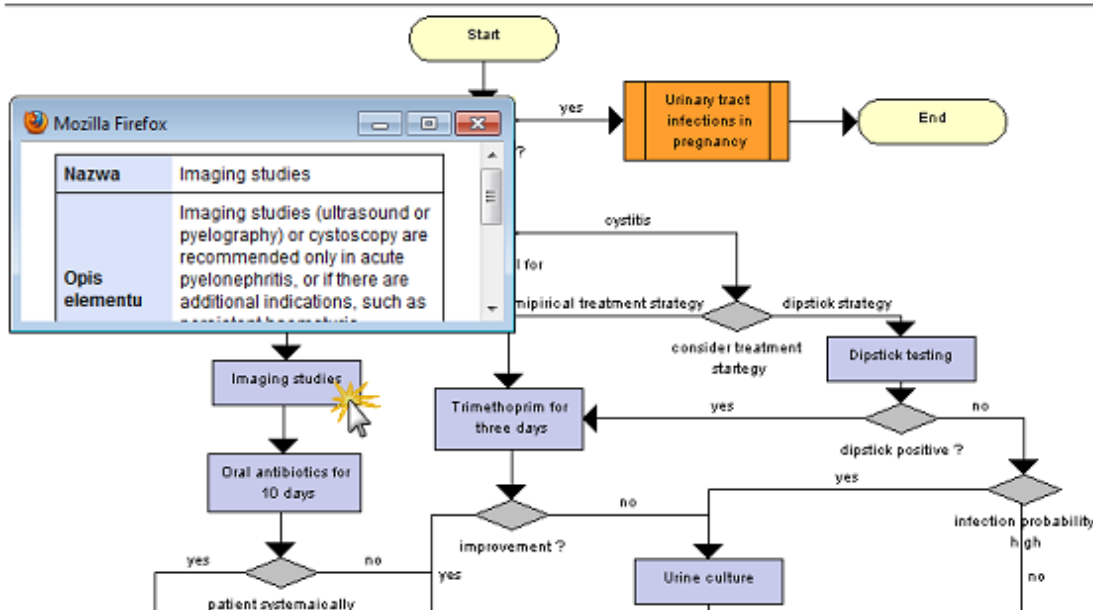
Mark	Autorzy	Tytuł	Nauczyciel	Grupa	Ocena	#V	#E	Zmieniany	Utworzony	id
☐	Kragh-Sorensen M., Krogstad E.	3. Gestational diabetes mellitus	Elzbieta Broniatowska	Group e - Monday 09:45	brak	15	13	[28.02.2011 11:58]	[28.02.2011 11:48]	a43c3605
☐	Lenouvel C., Malecki B.	2. Minor head injuries in children	Elzbieta Broniatowska	Group e - Monday 09:45	brak	17	20	[28.02.2011 12:03]	[28.02.2011 10:48]	fbb42af7
☐	Konsur E., Krantz Molmen N.	1. Acute stroke management	Elzbieta Broniatowska	Group e - Monday 09:45	brak	19	20	[28.02.2011 12:05]	[28.02.2011 11:46]	ed02e14d
☐	Leng mah Y., Myhre B.	5. Lyme borreliosis	Elzbieta Broniatowska	Group e - Monday 09:45	brak	12	12	[28.02.2011 13:02]	[28.02.2011 12:01]	d77ffcd
☐	Ling Lim E., Mazelan N.	4. Fractured Neck of Femur	Elzbieta Broniatowska	Group e - Monday 09:45	brak	13	15	[28.02.2011 13:05]	[28.02.2011 11:48]	a1b110f5
Usuń zaznaczone Eksport listy ocen Powrót Wyloguj										

Rys. 31. Wykaz wybranych ścieżek w module nauczycielskim

W interaktywnym widoku ścieżki (Rys. 32.) wybór elementów ścieżki w przeglądarce internetowej powoduje wyświetlenie dodatkowego okienka z opisem elementu ścieżki zawierającym niepuste wartości atrybutów z poszczególnych grup atrybutów. Z poziomu interaktywnej strony możliwe jest również przejście do modułu oceny ścieżki.

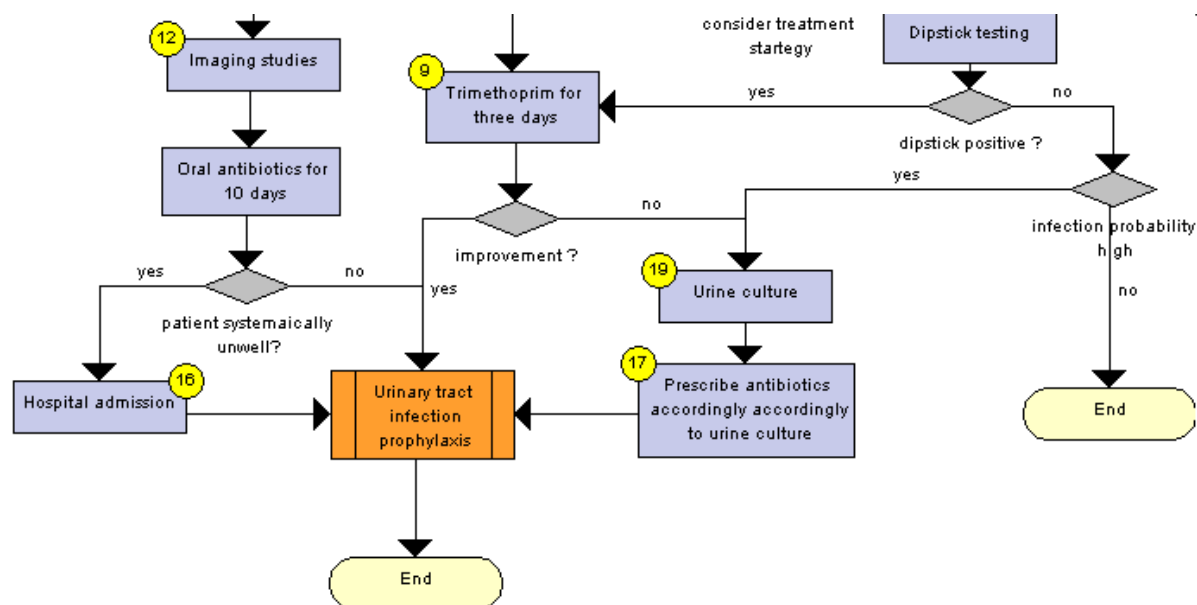
	Tytuł:	6. Urinary tract infections in women
	Opis:	Urinary tract infections are the second most common infections, causing considerable anxiety and morbidity in women.
	Autorzy:	• Andrzej Kononowicz

Podścieżki	• 6. Urinary tract infections in women - prophylaxis • 6. Urinary tract infections in women - pregnancy
Powrót	• do menu
Nawigacja	Poprzedni , Następny , Widok , Wydruk , Ocena



Rys. 32. Wybrana ścieżka w widoku interaktywnym modułu nauczycielskiego

W wyniku wybrania opcji wydruku do każdego elementu diagramu zawierającego niepusty opis dodane zostaje żółte kółko z numerem, a u dołu strony wpisane zostają wartości poszczególnych elementów posortowane wg kolejności numerów na żółtym tle (Rys. 33). Taka ścieżka może być w całości wydrukowana i analizowana bez konieczności dostępu do komputera.



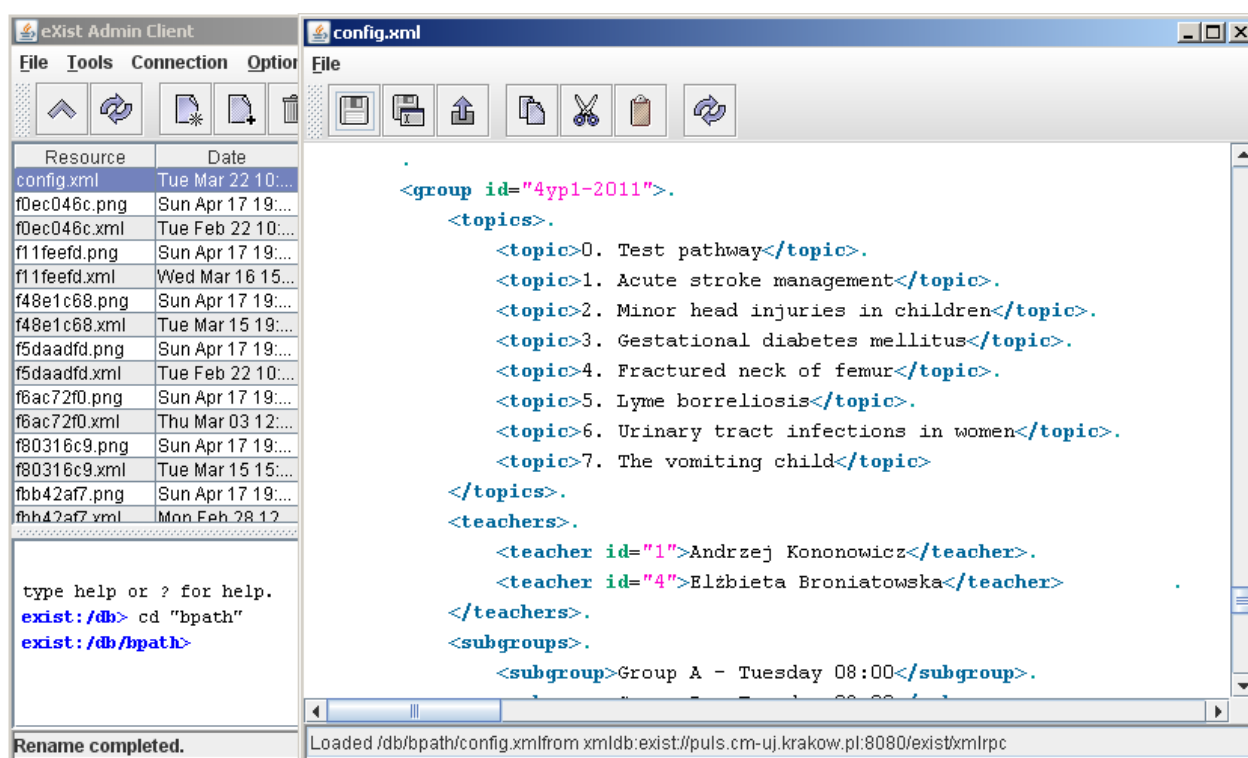
ID=8	Urine culture
Description:	• A pure growth of $> 10^5$ CFU/ml is diagnostic (CFU = colony forming units) • If result is $< 10^5$ CFU/ml and pyuria is indicated (> 20 white blood cells/mm³) or the patient has symptoms, the result may still be positive • Cultured organisms are tested for sensitivity to a range of antibiotics

ID=9	Trimethoprim for three days
	Trimethoprim is the first choice of treatment, except in women from communities with a high rate of resistance, when you should follow the local guidance. Trimethoprim resistance is most likely to occur in patients who have been exposed to trimethoprim or other antibiotics in the previous six months and the risk of resistance

Rys. 33. Statyczny wydruk ścieżki w module nauczycielskim

6.2.3. Moduł administracyjny

Aktualnie panel administracyjny zrealizowany jest przy pomocy narzędzi dostarczonych z systemem bazodanowym eXist. Administracja polega na edycji pliku `config.xml` z poziomu aplikacji eXist Admin Client (Rys. 34). Administrator może w ten sposób dodawać nowych studentów i nauczycieli, łączyć ich w grupy ćwiczeniowe, dodawać do grup tematy ścieżek oraz dostępne szablony. Instalacja nowego szablonu polega na skopiowaniu pliku szablonu (w formacie opisanym w punkcie 5.1.3.1) do odpowiedniego katalogu na serwerze i dodanie informacji o nim w pliku konfiguracyjnym.



Rys. 34. Aktualna wersja panelu administracyjnego zrealizowana przy użyciu systemu eXist

Gdy liczba administratorów systemu Bit Pathways zacznie rosnąć planowana jest realizacja panelu administracyjnego z interfejsem użytkownika podobnym do tego zaprezentowanego w module nauczycielskim. Po zalogowaniu się w module administracyjnym (Rys. 35.) możliwa będzie edycja grup studenckich, kont nauczycielskich, szablonów ścieżek oraz konfiguracja funkcji tworzenia kopii zapasowych (obecnie domyślną opcją jest wykonywanie kopii raz na godzinę o ile nastąpiły w bazie danych jakieś zmiany). Edycja grupy pozwalać będzie na zmianę nazwy grupy, edytowanie listy studentów (pokazane na rysunku 36), przypisanie nauczycieli, szablonów, nazw tematów oraz terminów ćwiczeń.



Rys. 35. Projekt panelu administracyjnego programu Bit Pathways

Wykaz studentów w grupie med_pl_2011:

Zaznacz	Nazwisko	Imię	Nazwa użytkownika	Hasło
☐	Adamek	Andrzej	uj-cm-st-adamek-andrzej	Zmień hasło
☐	Adriańska	Nina	uj-cm-st-adrianska-nina	Zmień hasło
☐	Ancymon	Piotr	uj-cm-st-ancymon-piotr	Zmień hasło
☐	Andrzejewski	Ksawery	uj-cm-st-andrzejewski-ksawery	Zmień hasło
☐	Artułowicz	Helena	uj-cm-st-artulowicz-helena	Zmień hasło
☐	Barabasz	Iwona	uj-cm-st-barabasz-iwona	Zmień hasło

Rys. 36. Wykaz studentów aktualnie wybranej grupy w projekcie panelu administracyjnego

6.2.4. Narzędzia dla inżyniera wiedzy

Narzędzia dla użytkownika typu „inżynier wiedzy” zrealizowane są jako dodatkowe, niedostępne dla studentów i nauczycieli funkcje edytora ścieżek. Powodem ukrywania tych funkcji jest ich większa złożoność, która może być niezrozumiała dla mniej doświadczonych użytkowników programu Bit Pathways. Jedną z takich funkcji jest przenoszenie danych pomiędzy różnymi szablonami atrybutów ścieżek.

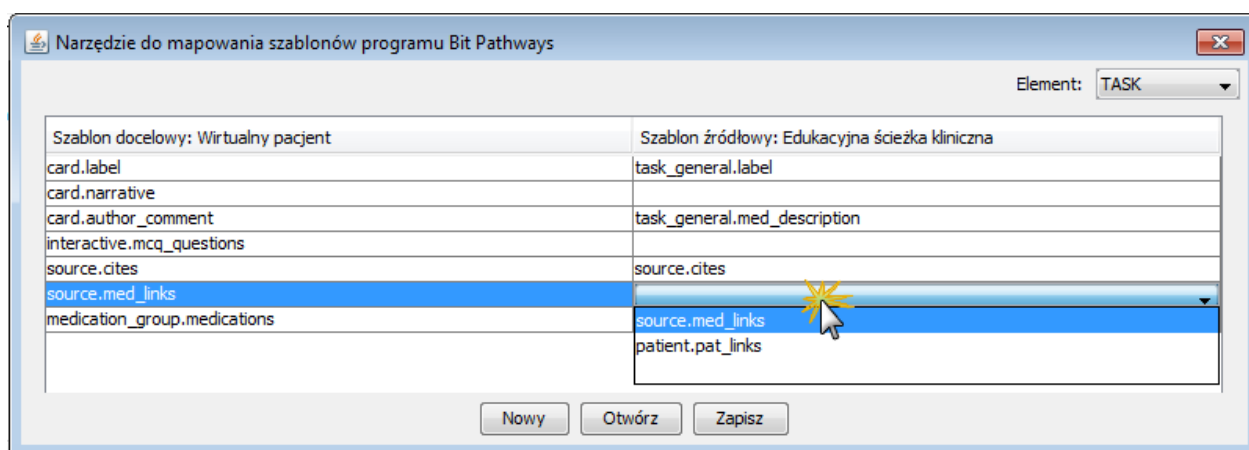
Cechą charakterystyczną programu Bit Pathways jest możliwość wyboru szablonów atrybutów tworzonych w nim ścieżek²⁶. Pozwala to na dostosowanie programu do różnych celów: np. przeprowadzenia konkretnych ćwiczeń lub zapisu danych do wybranego, innego niż natywny dla programu Bit Pathways, formatu. Czasami zdarza się, że ścieżkę utworzoną przy użyciu jednego szablonu atrybutów użytkownik zamierza przekształcić do ścieżki wykorzystującej inny szablon. Dla przykładu: ścieżkę wykorzystującą szablon „ścieżka kliniczna”, opisującą temat właściwego postępowania w przypadku drobnych urazów głowy u dzieci, inżynier wiedzy może chcieć wykorzystać w budowie wirtualnego pacjenta dotyczącego

²⁶ Przypomnijmy, że zgodnie z przedstawionym w podrozdziale 5.1 modelem danych Bit Pathways, zdefiniowane w szablonie grupy atrybutów przypisane są do określonych typów wierzchołków, krawędzi grafu lub ogólnie do całej ścieżki.

tego tematu. Trzeba tu wspomnieć, iż do tworzenia wirtualnych pacjentów w programie Bit Pathways zdefiniowany został odrębny szablon atrybutów. Przykład ten przedstawiony jest bardziej szczegółowo w podrozdziale 8.5.2 niniejszej pracy.

Przenoszenie danych pomiędzy różnymi szablonami atrybutów możliwe jest z wykorzystaniem plików mapowania. Plik mapowania określa funkcję przyporządkowującą wybranym przez użytkownika atrybutom szablonu docelowego odpowiadające im atrybuty szablonu źródłowego. W czasie przenoszenia danych pomiędzy dwoma szablonami tworzona jest dokładna kopia struktury ścieżki (zachowany zostaje zbiór wierzchołków i krawędzi ścieżki oraz ich graficzne rozmieszczenie), do ścieżki dołączany jest szablon docelowy, a następnie dla wszystkich atrybutów szablonu docelowego, dla których istnieje wpis w pliku mapowania, przypisywane są wartości odpowiadających im atrybutów z szablonu źródłowego.

Edytor ścieżek Bit Pathways udostępnia inżynierom wiedzy graficzne narzędzie do tworzenia plików mapowania dla dowolnej pary szablonów. Rysunek 37 przedstawia główne okno tego narzędzia. Lewa kolumna tabeli pokazuje wszystkie atrybuty szablonu docelowego przypisane do aktualnie wybranego typu elementu ścieżki (wierzchołka, krawędzi lub ogólnie całej ścieżki). Nazwy atrybutów w oknie edytora poprzedzone są znakiem kropki oraz nazwą grupy atrybutów, do której dany atrybut przynależy. Prawa kolumna tabeli zawiera przypisane atrybutom szablonu docelowego atrybuty z szablonu źródłowego. Wybór atrybutów szablonu źródłowego dokonywany jest z poziomego rozwijanego menu tworzonego na nowo dla każdego wiersza. Menu to zawiera tylko te atrybuty szablonu źródłowego, których typ zgodny jest z typem atrybutu z szablonu docelowego znajdującego się w tym samym wierszu tabeli. W przyszłości planowana jest opcja dodawania dodatkowych, konfigurowalnych konwerterów pomiędzy atrybutami różnych typów. Zmiana aktualnie wybranego typu elementu następuje przez rozwijaną listę w prawym górnym rogu okna. Gotowy plik mapujący zapisywany jest w formacie XML i może być wielokrotnie wykorzystywany przez funkcję przekształceń szablonów ścieżki.



Rys. 37. Plik przekształcenia szablonu „edukacyjna ścieżka kliniczna” na szablon „wirtualny pacjent” edytowany w narzędziu do mapowania szablonów programu Bit Pathways.

Opisana powyżej funkcjonalność narzędzia do mapowania szablonów przedstawiona zostanie jeszcze raz na przykładzie pobierania wartości atrybutów z szablonu „Edukacyjna ścieżka kliniczna” do szablonu „Wirtualny pacjent”. Lewa kolumna tabeli na rysunku 37, zawiera wszystkie atrybuty w szablonie „Wirtualny pacjent” przypisane do aktualnie wybranego w prawym górnym rogu typu wierzchołka (w naszym przypadku jest to typ *TASK*, czyli prostokątny kształt oznaczający czynność do wykonania). W lewej kolumnie widać obecnie siedem atrybutów: *label*, *narrative*, *author_comment*, *mcq_questions*, *cites*, *med_links*, *medications*. Pierwsze trzy przynależą do grupy atrybutów *card*, kolejny do grupy *interactive*, dalej są dwa atrybuty grupy *source* i jeden grupy *medications*²⁷. Prawa kolumna tabeli na rysunku 37, zawiera atrybuty szablonu ścieżki klinicznej, które zostały przypisane atrybutom z lewej kolumny²⁸. Widać, iż atrybutowi *label* z grupy atrybutów *card* szablonu „wirtualny pacjent” przypisano atrybut *label* grupy *task_general*. Atrybut *narrative* z grupy *card* z szablonu „wirtualny pacjent” nie ma przypisanego odpowiednika w szablonie „Edukacyjna ścieżka kliniczna”. Na rysunku 37 wykonywane jest właśnie przyporządkowanie atrybutowi *med_links* z szablonu „wirtualny pacjent” atrybutu z szablonu „Edukacyjna ścieżka kliniczna”. Atrybut *med_links* jest typu „lista odsyłaczy internetowych” (informacja ta zapisana jest w szablonie, ale nie jest widoczna na przedstawionym rysunku). W rozwijanym menu w prawej kolumnie wyświetlana jest lista wszystkich atrybutów przypisanych do wierzchołka *TASK* w szablonie „Edukacyjna ścieżka kliniczna”, których typ to „lista odsyłaczy internetowych”. Znaleziono zostały dwa takie atrybuty: *med_links* w grupie atrybutów *source* oraz *pat_links* w grupie *patient*, z których inżynier wiedzy może wybrać ten, który lepiej odpowiada atrybutowi z docelowego szablonu. Wybór przycisku „zapisz” zachowuje aktualny stan pliku mapowania w na lokalnym twardym dysku użytkownika.

²⁷ Opis atrybutów przedstawiony jest w aneksie 10.2.2 pracy.

²⁸ Szczegółowy opis pliku mapowania tych dwóch szablonów przedstawiony jest w aneksie 10.2.2.

7. Walidacja opracowanego narzędzia i weryfikacja jego implementacji

7.1. Opinia użytkowników dotycząca funkcjonalności narzędzia Bit Pathways

Przedstawiona we wcześniejszych rozdziałach implementacja programu Bit Pathways jest w użyciu na zajęciach dydaktycznych Zakładu Bioinformatyki i Telemedycyny UJ CM od roku 2008²⁹. Regularnie wydawane są nowe wersje systemu poszerzające jego funkcjonalność i poprawiające wykryte błędy.

Obecnie program wykorzystywany jest w ramach zajęć prowadzonych dla:

- 3. roku Wydziału Lekarskiego UJ CM w ramach przedmiotu „Telemedycyna 2” – ok. 250 studentów rocznie,
- 3. roku Wydziału Lekarsko-Stomatologicznego UJ CM w ramach przedmiotu „Informatyka i statystyka medyczna” – ok. 100 studentów rocznie,
- 2. roku studiów doktoranckich UJ CM w ramach przedmiotu „Metodologia badań naukowych – informatyka” – ok. 50 studentów rocznie,
- 1. roku Szkoły Medycznej dla Obcokrajowców w ramach przedmiotu „Basics of Computer Science” – ok. 100 studentów rocznie z trzech kierunków (medycyna 4-letnia, medycyna 6-letnia, stomatologia).

System w ramach wymienionych ćwiczeń działał stabilnie, i pomimo pewnych niedoskonałości w ergonomii działania, planowane jest dalsze jego użytkowanie i wprowadzanie w nowych przedmiotach – np. zajęcia kół naukowych studentów medycyny czy wspomaganie nauczania problemowego (PBL) w medycynie itp.

Ocena skuteczności zaproponowanych w pracy scenariuszy edukacyjnych, w jakich wykorzystywany jest program przedstawiona jest w rozdziale 8. W tym rozdziale zaprezentowana zostanie subiektywna opinia użytkowników dotycząca jakości realizacji systemu. O ocenę programu poproszone były dwie grupy użytkowników: studenci oraz nauczyciele.

²⁹ W roku 2010 program Bit Pathways używany był również przez 20. studentów Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu w ramach przedmiotu Kontrola Auksologiczna w Wychowaniu Fizycznym i Sporcie (temat: określenie wieku zębowego dziecka) [162].

7.1.1. Ocena studencka

W krótkiej ankiecie dotyczącej funkcjonalności programu Bit Pathways zgodziło się wziąć udział 135 polskojęzycznych studentów trzeciego roku medycyny. Ankieta składała się z dwóch pytań w skali Likerta [115] sprawdzających opinie studentów na temat stopnia intuicyjności programu Bit Pathways oraz satysfakcji z efektu końcowego projektowania ścieżki przy jego użyciu. Dodatkowo była możliwość swobodnego komentowania programu Bit Pathways w polu tekstowym. Wyniki pytań Likerta umieszczone są w tabeli 8, swobodne wypowiedzi studentów dotyczące funkcjonalności programu umieszczone są w aneksie 10.4.1.1

Tab. 8. Wyniki ankiety ewaluacyjnej programu Bit Pathways wśród studentów trzeciego roku medycyny, semestr zimowy 2009/2010

Pytanie	n	L=5	L=4	L=3	L=2	L=1
Obsługa programu Bit Pathways jest intuicyjna	135	23%	53%	15%	6%	4%
Możliwości programu Bit Pathways pozwoliły mi na stworzenie ścieżki zgodnej z moimi wyobrażeniami	135	11%	47%	26%	11%	5%

L = 5 – zdecydowanie tak, L = 4 – raczej tak, L = 3 – ani tak ani nie, L = 2 – raczej nie, L = 1 – zdecydowanie nie.

Podobna ankieta przeprowadzona została wśród słuchaczy 1 roku programu 6-cio letniego Szkoły Medycznej dla Obcokrajowców UJ CM. W ankiecie zgodziło się wziąć udział 40 studentów. Wyniki zaprezentowane są w tabeli 9.

Tab. 9. Wyniki ankiety ewaluacyjnej programu Bit Pathways wśród studentów trzeciego roku medycyny, semestrze letnim 2010

Pytanie	n	L=5	L=4	L=3	L=2	L=1
Program Bit Pathways jest prosty w obsłudze	40	18%	48%	23%	5%	8%
Możliwości programu Bit Pathways pozwoliły mi na stworzenie ścieżki zgodnej z moimi wyobrażeniami	38	13%	61%	16%	11%	0%

L = 5 – zdecydowanie tak, L = 4 – raczej tak, L = 3 – ani tak ani nie, L = 2 – raczej nie, L = 1 – zdecydowanie nie

Wyniki obydwu ankiet są podobne. W opinii większości badanych studentów cel systemu Bit Pathways został osiągnięty. Dla 76% studentów polskojęzycznych i 64% studentów anglojęzycznych program jest prosty w obsłudze; przeciwnego zdania było odpowiednio 9% i 13%. Możliwości programu Bit Pathways pozwoliły studentom na stworzenie ścieżki zgodnej z ich wyobrażeniami 58% studentów polskojęzycznych i 74% anglojęzycznych, przeciwnego zdania było odpowiednio 16% i 11% studentów. Nie znaczy to oczywiście, iż program Bit Pathways jest doskonały. Analiza komentarzy swobodnego formatu najlepiej świadczy o konieczności dalszych modyfikacji programu. Nie zawsze pozytywnie oceniany był sposób prowadzenia krawędzi między wierzchołkami grafu ścieżki, sposób dodawania nowych elementów (sposób ten został zmieniony w aktualnej wersji programu) lub funkcjonalność połączonego z systemem

edytora tekstu. Pojawiające się niekiedy uwagi dotyczące wydajności programu dotyczą czasu przed wymianą komputerów, która nastąpiła dopiero pod koniec roku 2010. Edytor nie jest również oceniany jako „ładny graficznie”, chociaż część studentów widziała właśnie w „ascetyczności” zaletę programu. Te oraz inne komentarze opisane załączniku 10.4.1.1 będą uwzględniane w implementacji kolejnych wersji programu.

7.1.2. Ocena nauczycielska

Ze względu na mało liczną grupę nauczycieli w badaniu ich opinii zrezygnowano z miar ilościowych skupiając się na ocenie jakościowej. Na udział w ankiecie wyraziło zgodę pięcioro nauczycieli. Proszeni byli o odpowiedź na następujące pytania:

1. Jakie są Twoim zdaniem mocne strony programu?
2. Co powinno być Twoim zdaniem w programie ulepszone?
3. Inne uwagi na temat programu albo ćwiczeń prowadzonych z jego wykorzystaniem.

Dokładne odpowiedzi przytoczone są w aneksie 10.4.1.2. Opinie nauczycieli pokrywały się w znaczącej mierze z wynikami ankiet studentów. Jako mocne strony programu wskazywane było medyczne sprofilowanie aplikacji, prostota i intuicyjność obsługi programu oraz przystosowanie do działania w sieci Internet. Wskazane wady były podobne do tych zgłaszanych przez studentów i dotyczyły lokalizacji nowych elementów na ekranie, braku możliwości kopiowania podzbioru elementów diagramu, brak opcji skalowania wykresu oraz niedoskonałości algorytmu prowadzenia krawędzi między elementami. Część ze wskazywanych wad dotyczyła pracy ze wcześniejszymi wersjami aplikacji i wskazane usterki czy braki w funkcjonalności zostały już usunięte (np. lokalizacja nowego elementu, przesuwanie grup elementów, podgląd wydruku lub funkcja eksportu ścieżki do innych formatów). W wolnych komentarzach wskazana została przez jedną osobę potrzeba większej liczby ćwiczeń ze ścieżek by dać studentom możliwość wielokrotnego przećwiczenia tego typu podejścia na różnych przykładach.

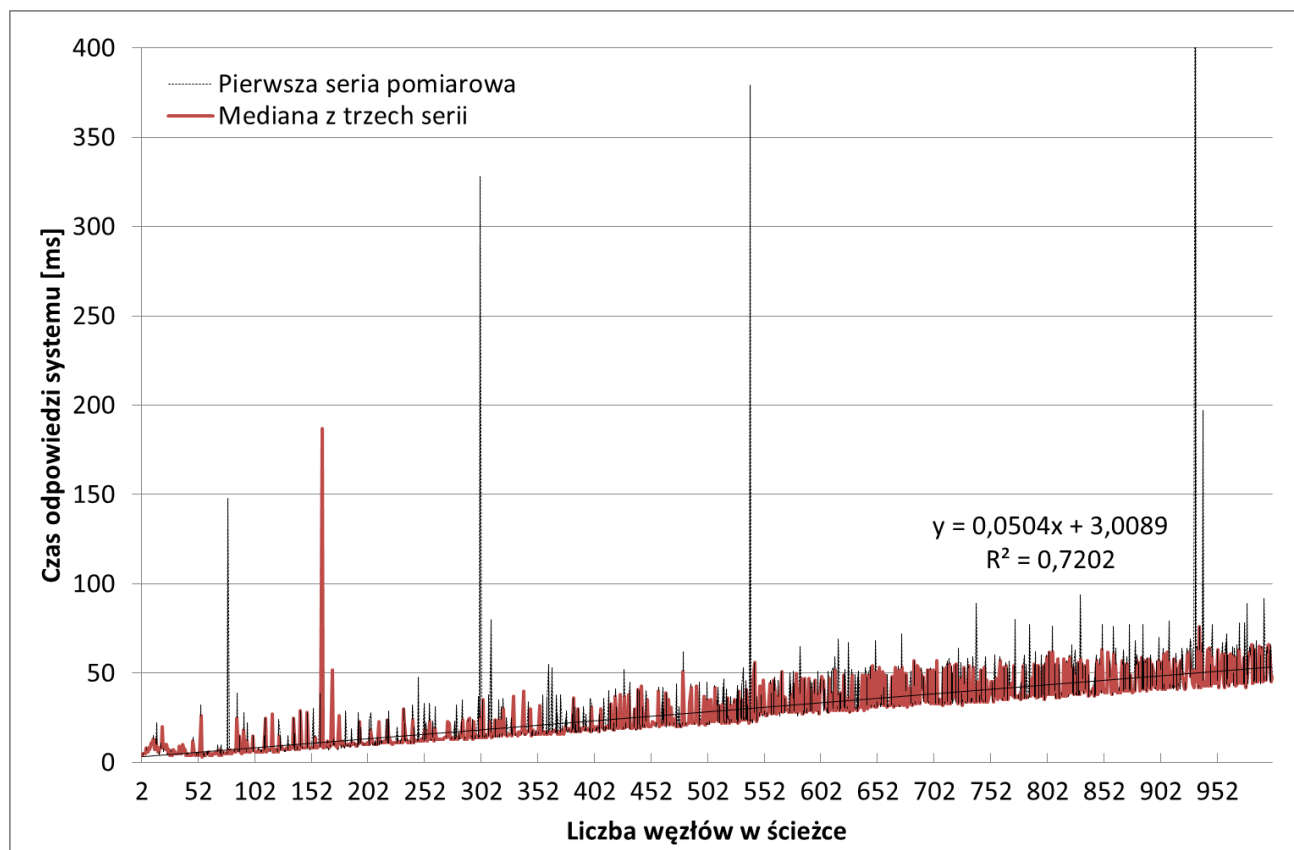
7.2. Testy wydajnościowe

Podstawowym celem implementacji systemu Bit Pathways było osiągnięcie dużej intuicyjności oraz bogatej funkcjonalności programu. Za istotne uznane zostało zwłaszcza to, czy narzędzie uzyska akceptację użytkowników (co opisano w punkcie 7.1) oraz czy sprawdzi się w trzech zaproponowanych scenariuszach edukacyjnych (opisane w rozdziale 8). Przyjęto natomiast założenie, iż optymalizacja wydajności implementacji systemu Bit Pathways nie będzie priorytetem przy tworzeniu pierwszej jego wersji. Przeprowadzono jednak kilka prostych testów by określić stopień ograniczeń skalowalności obecnej implementacji.

7.2.1. Interfejs użytkownika

Z punktu widzenia użytkownika edytora graficznego istotne jest, jakie opóźnienia powstają przy zwiększającej się liczbie węzłów grafu ścieżki. Przeciętna liczba węzłów w ścieżkach tworzonych przez studentów w Zakładzie Bioinformatyki i Telemedycyny UJ CM wynosiła 25 elementów. Doświadczenie wyniesione z ćwiczeń wskazuje, iż ścieżki zawierające ponad 50 elementów tracą na przejrzystości i powinny być raczej dzielone na podścieżki. Pomimo to w przeprowadzonym eksperymencie sprawdzano czas reakcji systemu przy liczbie elementów grafu rosnącej aż do 1000 wierzchołków. Iteracja próby testowej polegała na dodaniu do grafu ścieżki jednego wierzchołka, uruchomieniu zegara, programowym wymuszeniu odświeżenia ekranu, przesunięciu wszystkich elementów o 5 pikseli, kolejnym wymuszeniu odświeżenia ekranu oraz zatrzymaniu zegara. Procedurę testową wykonano 1000 razy dla tego samego grafu w tej samej sesji uruchomienia programu.

Rysunek 38 przedstawia uzyskane wyniki. Eksperyment przeprowadzono na wersji 1.3.5 programu (stosowanej na ćwiczeniach w semestrze letnim 2011) na komputerze wyposażonym w procesor AMD Athlon 64, 3200+, 2.01 GHz, 1 GB RAM, Windows 7 32 Bit, JRE 1.6.0_24. Test uruchomiono 3 razy. We wszystkich próbach program działał stabilnie i nie występowała konieczność jego ponownego uruchamiania. Wykres przerywaną linią pokazuje przebieg pierwszej próby pomiarowej, gruba linia ciągła pokazuje medianę z trzech pomiarów. W wykresie pierwszej próby zwracają uwagę pojedyncze skoki wartości mierzonego czasu najprawdopodobniej związane z innymi procesami zachodzącymi w tym czasie w systemie operacyjnym (np. działanie procesu *garbage collector*), które w większości udało się wyeliminować przyjmując wartość mediany z tych pomiarów jako reprezentatywny czas odpowiedzi systemu. Wyznaczono prostą regresji dla wartości medialnych otrzymując wynik $y = 0,0504x + 3,0098$ z wartością współczynnika korelacji $R = 0,85$. Można na tej podstawie przyjąć, iż system jest dobrze skalowalny pod względem liczby obsługiwanych węzłów grafu. Średni czas odpowiedzi systemu przy ścieżce zawierającej 1000 elementów wynosił 53 ms.



Rys. 38. Zależność opóźnienia przy przesunięciu elementów od liczby wierzchołków grafu ścieżki

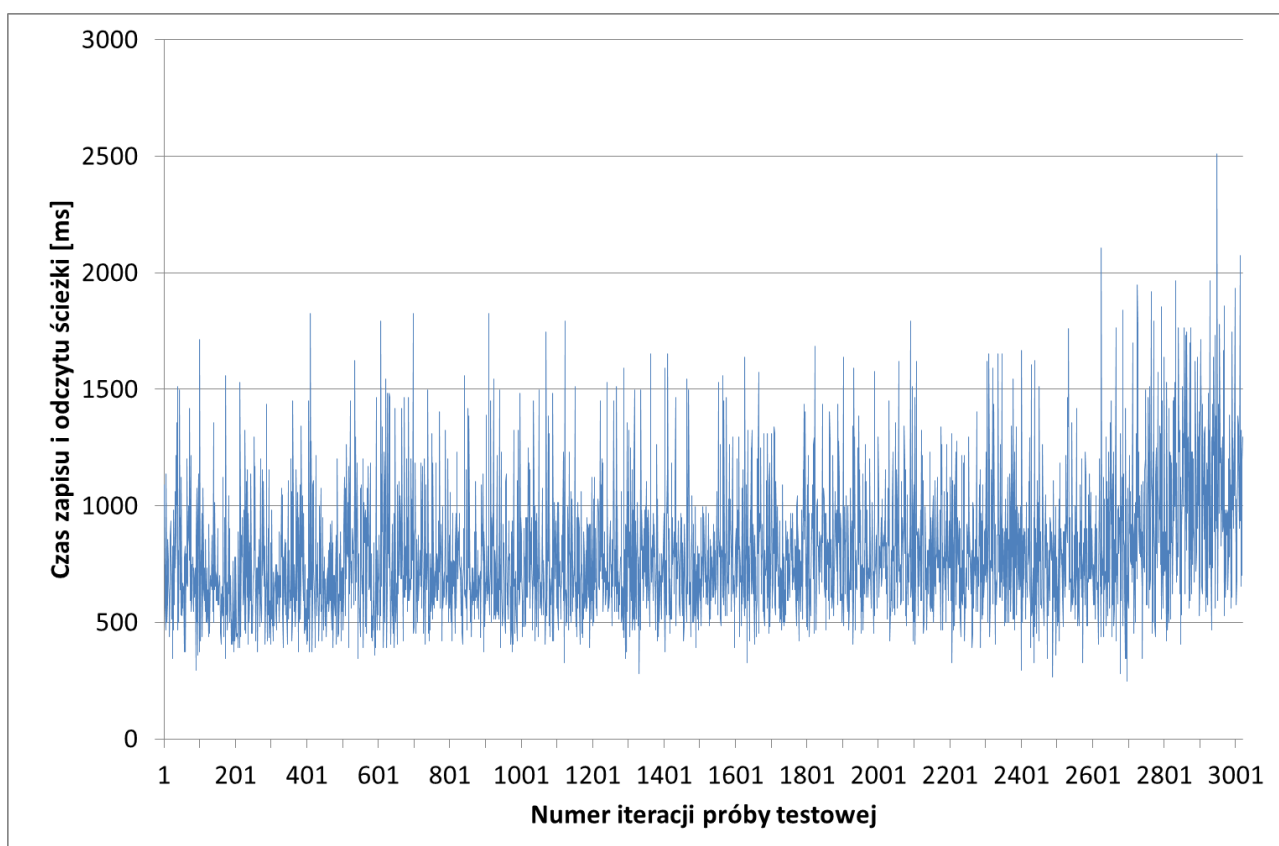
7.2.2. Zapis dużej liczby ścieżek

Przez blisko 4 lata użytkowania systemu Bit Pathways w Zakładzie Bioinformatyki i Telemedycyny UJ CM zapisano w nim blisko 800 ścieżek. Szacuje się, iż rocznie dodawanych będzie około 250 nowych. Ścieżki są corocznie archiwizowane i wersje z wcześniejszych lat są usuwane z serwera. W skład każdej ścieżki wchodzi minimum dwa pliki: plik XML z danymi ścieżki oraz plik graficzny w formacie PNG przedstawiający obraz ścieżki. W obecnej implementacji Bit Pathways ścieżki zapisywane są w systemie zarządzania natywną bazą XML eXist, zainstalowanym na odrębnym serwerze. Interesującym było sprawdzenie jak będzie się zmieniać szybkość odpowiedzi serwera przy rosnącej liczbie ścieżek.

W eksperymencie wykorzystano zbiór 500 ścieżek utworzonych w poprzednich latach przez studentów w systemie Bit Pathways. Wybrano ścieżki o wielkości pliku XML mieszczącym się w przedziale 20-200kB. Ścieżki dostępne były jako pliki XML w katalogu na lokalnym dysku. Jedna próba testowa polegała na załadowaniu losowo wybranej ścieżki z lokalnego dysku, zmianie identyfikatorów ścieżki by uczynić ją unikalną, zapisie ścieżki na serwerze, ponownym załadowaniu ścieżki z serwera na lokalnym komputerze oraz wyświetleniu pobranej ścieżki na ekranie. Czas mierzony był od rozpoczęcia procedury zapisu ścieżki na serwerze do ukończenia pobierania ścieżki z serwera. Test aplikacji klienckiej przeprowadzany był na komputerze w laboratorium studenckim (Intel Core i5 750@2,67 GHz, 4GB RAM,

Windows 7, JRE 1.6.0_21, standardowe ustawienia wirtualnej maszyny Javy). Serwer stanowiła maszyna o konfiguracji (Intel Pentium 4, 3,00 GHz, 1GB RAM, Ubuntu Linux 11.04, Kernel 2.6.38_8-generic, JRE 1.6.0_22) z zainstalowanym systemem zarządzania natywną bazą XML eXist w wersji 1.2.5. Test uruchomiany został dla 10000 iteracji w tej samej sesji uruchomienia programu.

Rysunek 39 przedstawia uzyskane wyniki. Test przy standardowych ustawieniach pamięci wirtualnej maszyny Javy (256 MB) zakończył się po 3020 iteracjach wyjątkiem "Java Heap Stack java.lang.OutOfMemoryError: Java heap space". Przez pierwszych 2600 iteracji system działał stabilnie i nie zauważono związku między czasem zapisu i odczytu a liczbą iteracji ($y = 0,0421x + 713,39$; $R = 0,12$). Po ponownym uruchomieniu procedury testowej (bez czyszczenia bazy) wyniki wyglądały podobnie (średni czas jednej iteracji w przedziale do 2600 prób wynosił w pierwszej serii 768 ms w drugiej 761 ms, brak istotności statystycznej w teście U Manna-Whitneya) z błędem pamięci w 3016 iteracji.



Rys. 39. Zależność czasu zapisu i odczytu ścieżek na serwerze przy rosnącej liczbie ścieżek

Zważywszy na fakt, iż student rzadko pracuje nad większą liczbą ścieżek w czasie jednej sesji niż trzy, a w roku powstaje ok. 250 ścieżek, można uznać wyniki osiągnięte przez obecną wersję programu za w pełni wystarczające. W razie potrzeby otwierania w sesji większej liczby ścieżek niż 3000 można zmienić standardowe ustawienia pamięci wirtualnej maszyny Java. W dalszej perspektywie czasowej warto poszukać przyczyny nie zwalniania pamięci. Należy jednak podkreślić, iż zadanie może nie być proste, gdyż pamięcią w programach Javy automatycznie zarządza proces *Garbage Collector*, a program Bit Pathways w opisywanej procedurze testowej wykorzystywał głównie gotowe, dostępne w Internecie biblioteki

obsługujące lokalny odczyt plików XML oraz jego zdalny zapis na serwerze XML. Być może jednak problem zostanie rozwiązany w nowszych wersjach stosowanych bibliotek, które są przecież wciąż doskonałe i aktualizowane.

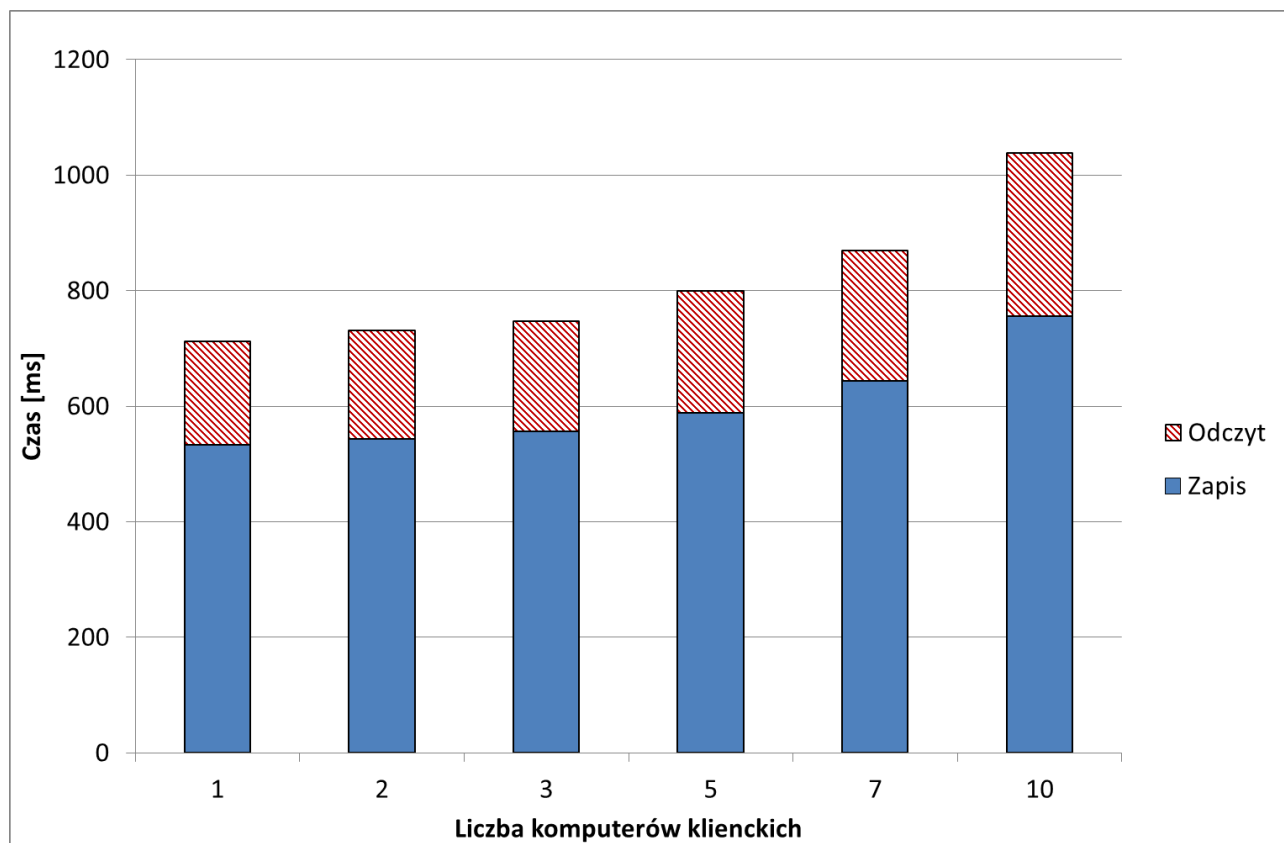
7.2.3. Dostęp współbieżny do serwera ścieżek

W czasie ćwiczeń przeprowadzanych w Zakładzie Bioinformatyki Telemedycyny UJ CM z systemu Bit Pathways korzysta równolegle do 10 instalacji klienckich (2 sale po 10 osób w grupach dwuosobowych). Taka wielodostępna forma korzystania z programu może być uznana za normę w zastosowaniu do celów dydaktycznych w medycynie, dlatego sprawdzono również odporność systemu na równoczesny odczyt i zapis ścieżek na serwerze przez kilka komputerów klienckich. Na potrzeby procedury wybrano w sposób losowy zbiór 250 ścieżek (co odpowiada liczbie ścieżek zapisywanych na serwerze w ciągu roku) utworzonych przez studentów w poprzednich latach. Każdy z komputerów w sali dydaktycznej otworzył w losowej kolejności wszystkie ścieżki zapisane na lokalnym komputerze. Każda ze ścieżek była zapisywana i odczytywana zdalnie na serwerze. Mierzony był czas między rozpoczęciem i zakończeniem zapisu na serwerze pojedynczej ścieżki oraz czas między rozpoczęciem i zakończeniem odczytu utworzonej wcześniej ścieżki na serwerze. Czas pomiędzy dwoma iteracjami testowymi był przypadkowy, losowany z przedziału od 0 do 5 sekund. Test wykonany został na 1,2,3,5,7 i 10 komputerach pracowni studenckiej (wszystkie o takiej samej konfiguracji Intel Core i5 750@2,67 GHz, 4GB RAM, Windows 7, JRE 1.6.0_21). Równoczesne rozpoczęcie uruchamiania procedury testowej przez wszystkie komputery zapewnione było dzięki zablokowaniu startu procedury testowej do czasu pojawienia się w bazie danych określonego pliku, którego obecność regularnie sprawdzały aplikacje klienckie. Eksperyment przeprowadzony został w okresie wakacyjnym, przy braku obciążenia lokalnej sieci komputerowej Zakładu Bioinformatyki i Telemedycyny UJ CM, co pozwala zakładać, iż wyniki nie są zależne od jakości połączenia.

Rysunek 40 przedstawia wyniki procedury testowej. Wykres pokazuje średni czas zapisu i odczytu ścieżek z wyżej opisanego testowego zbioru. W czasie procedury testowej przy próbach wykonywanych dla liczby komputerów powyżej 5 pojawiać się zaczął sporadycznie wyjątek zgłaszany przez serwer:

```
org.apache.exist.xmlrpc.RpcConnection:java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException.
```

W przypadku planowania długotrwałego większego obciążenia niż 5 połączeń w obrębie 5. sekund można się zastanowić na alternatywnym sposobem zapisu danych niż w wykorzystywanym w testach systemie eXist 1.2.5. W czasie zajęć w Zakładzie Bioinformatyki i Telemedycyny taka wydajność nie była jednak nigdy wymagana.



Rys. 40. Średni czas odczytu i zapisu ścieżek na serwerze przy rosnącej liczbie komputerów klienckich

7.2.4. Wnioski z testów wydajnościowych

Pomimo drobnych problemów zauważonych w drugiej i trzeciej procedurze testowej, obecna implementacja systemu Bit Pathways okazała się wystarczająco wydajna i stabilna aby być wykorzystywana w praktyce nauczania szkoły medycznej.

8. Weryfikacja scenariuszy edukacyjnych

8.1. Opis metod weryfikacji scenariuszy edukacyjnych

Tezą niniejszej rozprawy doktorskiej jest stwierdzenie, że wspomagane komputerowo ścieżki kliniczne poprawiają efektywność nauczania w ramach uczelni medycznej. Praca podporządkowana jest dążeniu do wykazanie tej tezy, w związku z czym w poprzednich rozdziałach przedstawiono założenia scenariuszy wykorzystania komputerowych ścieżek klinicznych w edukacji oraz zweryfikowano narzędzie informatyczne służące do realizacji opisanych scenariuszy. Sprecyzowane zostanie teraz, co rozumie się pod pojęciem efektywności nauczania w kontekście edukacyjnych ścieżek klinicznych i przy pomocy jakich metod autor zamierza tę efektywność wykazać?

8.1.1. Cechy będące przedmiotem badania

Pojęcie „efektywności” oznacza uzyskiwanie dobrych wyników w stosunku do poniesionych kosztów. Dobrym wynikiem nauczania jest przyrost posiadanej wiedzy w wyniku testowanej metody nauczania. Kosztem nauki jest czas oraz wysiłek intelektualny, jaki studiujący na nią poświęca. Zazwyczaj metody cieszące się większą akceptacją poprawiają motywację do ich stosowania, czynią naukę przyjemniejszą, a tym samym zmniejszają koszty uzyskania wiedzy. Jest to niezwykle istotny czynnik, gdyż nawet najlepiej pedagogicznie uzasadniona metoda nauczania, bez akceptacji wśród studentów i nauczycieli nie będzie stosowana i jej efekt będzie zerowy.

Zatem trzema kryteriami, które znajdą się bezpośrednio w zakresie badań wynikających z tematu pracy są:

- czas konieczny na naukę,
- przyrost wiedzy,
- poziom akceptacji metody nauczania.

Wartość pierwszego kryterium należy minimalizować przy maksymalizacji wartości drugiego i trzeciego kryterium.

Pomiar czasu wykonania zadania przez studentów jest zadaniem prostym i nie wymaga dodatkowego komentarza. Stan wiedzy, który jest cechą umysłu, jest o wiele trudniej precyzyjnie ująć. Podobnie jest w przypadku pomiaru poziomu akceptacji.

Tematem obiektywnego pomiaru cech psychologicznych zajmuje się psychometria [65], a narzędziem działania są testy psychologiczne i ankiety. Istotność różnic wartości obserwowanych cech można z kolei wykazać za pomocą testów statystycznych. Zależność zmiennych pokazano za pomocą miar korelacji oraz regresji. W dalszych punktach tego rozdziału przedstawione będą skrótowo najważniejsze metody psychometryczne i statystyczne, jakie znalazły zastosowanie w niniejszej rozprawie doktorskiej.

8.1.2. Pomiar psychometryczny

Dobry test psychologiczny powinien być rzetelny, obiektywny, trafny, wystandaryzowany, znormalizowany, a w przypadku testów zagranicznych – również właściwie przystosowany językowo i kulturowo [7][23][65].

Test nazwany jest **rzetelnym** (ang. *test reliability*), jeżeli daje powtarzalne wyniki dla tych samych osób i tej samej rzeczywistej wartości mierzonej cechy. W klasycznej teorii testów zakłada się, iż wynik obserwowany X jest złożeniem wyniku prawdziwego T i przypadkowego błędu pomiaru E .

$$X = T + E \quad (7)$$

Przy takim założeniu, wskaźnik rzetelności ρ_{XT} można zdefiniować jako współczynnik korelacji między wynikami obserwowanymi, a prawdziwymi:

$$\rho_{XT} = \frac{\sigma_{XT}}{\sigma_X \sigma_T} \quad (8)$$

gdzie, σ_{XT} oznacza kowariancję wyników otrzymanych i wyników prawdziwych,

a $\sigma_X \sigma_T$ oznaczają iloczyn odchyleń standardowych wyników otrzymanych i prawdziwych.

Można wykazać (np. [65]), iż wyrażony wzorem 8 wskaźnik rzetelności jest równy korelacji między wynikami dwóch testów równoległych. Testy równoległe mierzą dokładnie tę samą cechę, o dokładnie tej samej rzetelności tylko zbudowane są z różnych treści. W praktyce można oszacować współczynnik rzetelności w wyniku badania potwarzalności tego samego testu. Ponieważ wykonywanie testów jest często metodą inwazyjną (zmienia cechę), rzetelność można również zmierzyć z wykorzystaniem testów połówkowych. Test połówkowy powstaje w wyniku podzielenia jednego testu na dwie równe części i badaniu korelacji pomiędzy połowami testu. Ponieważ istnieje wiele sposobów podziału testu na połowy, Kuder a Richardson opracowali miarę uwzględniającą wszystkie możliwe przepołowienia, którą nazwali KR_{20} :

$$KR_{20} = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k p_i q_i}{\sigma_X^2} \right) \quad (9)$$

gdzie k (tu i dalej) oznacza liczbę pozycji testowych, p_i – proporcję odpowiedzi poprawnych na daną pozycję testową, q_i – proporcję odpowiedzi niepoprawnych na daną pozycję testową, σ_X^2 – wariancję sumy punktów zdobytych przez uczestników testu (jeden punkt jest przyznawany za każdą poprawną odpowiedź udzieloną na pozycję testową, zero punktów za każdą błędną odpowiedź).

Cronbach [33] zaproponował uogólnienie wzoru KR_{20} dla pozycji testowych ocenianych w skali innej niż zero-jedynkowa:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_X^2} \right) \quad (10)$$

gdzie σ_i^2 oznacza wariancję i-tej pozycji testowej, σ_X^2 – wariancję wyników całego testu.

Statystyka ta znana jest jako α (alfa) Cronbacha i uznawana jest obecnie za najlepszy sposób szacowania rzetelności testu psychologicznego [29][32][151]. Ponieważ jej wartość zależy od doboru próbki losowej, podobnie jak w przypadku innych statystyk, wskazane jest szacowanie przedziału ufności. W literaturze można znaleźć wiele propozycji różnych metod szacowania przedziału ufności dla α -Cronbacha [82]. W tej pracy, za Iacobuccim i Duhachekem [70], użyta będzie definicja przedziału ufności dana wzorem:

$$\alpha_{CI} = \alpha \pm z(1 - \alpha) \sqrt{\frac{2k}{n(k-1)}} \quad (11)$$

gdzie $z = 1,96$ dla 95% przedziału ufności, n to liczność próbki (liczba studentów biorących udział w badaniu).

Współczynnik α -Cronbacha ma wartości w przedziale $[0;1]$. Umownie za dobre testy psychologiczne uznaje się takie, których wartość współczynnika α jest powyżej 0,7. Należy jednak pamiętać, iż to szacowanie ma swoje ograniczenia i sprawdza się w przypadku testów, które mają strukturę jednoczynnikową.

Opracowanie dobrych testów psychologicznych wymaga sporo czasu i prób. Podawane w niniejszej pracy współczynniki α dla testów tworzonych *ad hoc* mają więc charakter głównie orientacyjny, natomiast w dłuższej perspektywie będą wymagały korekt i dalszej rozbudowy.

Obiektywność testu psychologicznego oznacza brak zależności wartości oceny od osoby i czasu. W przypadku ocen dokonywanych przez więcej niż jedną osobę powinna występować duża korelacja pomiędzy uzyskanymi wynikami. W przypadkach testów z kluczem sprawdzanym komputerowo (jak miało to miejsce w niektórych z badań), cecha ta jest zagwarantowana. W sytuacjach gdy automatyczna korekta nie jest możliwa, zaleca się stosowanie odpowiednich statystyk sprawdzających rzetelność oceny. Wybór właściwej statystyki zależy od wykorzystywanej skali ocen oraz od liczby ocenających. W przypadku porządkowej skali ocen i dwóch ocenających zaleca się wykorzystanie współczynnika korelacji rang τ -Kendala [1]:

$$\tau = 1 - \frac{2d_{\Delta(P_1-P_2)}}{n(n-1)} \quad (12)$$

gdzie $d_{\Delta(P_1-P_2)}$ to liczba niezgodnych par pomiędzy dwoma zbiorami P_1, P_2 . Zbiory te zawierają wszystkie możliwe pary obiektów podlegających ocenie, których uporządkowanie w ramach pary odpowiada preferencjom ocenających. Oznaczenie n to liczba obiektów podlegających ocenie. Współczynnik τ ma wartości w przedziale $[-1;1]$, gdzie 0 oznacza brak zależności ocen recenzentów, wartości dodatnie oznaczają pozytywną korelację, a wartości ujemne negatywną (odwrotną) korelację ocen.

Przedział ufności dla współczynnika τ wynosi [1]:

$$\tau_{CI} = \tau \pm z \sqrt{\frac{2(2n+5)}{9n(n-1)}} \quad (13)$$

gdzie $z = 1,96$ dla 95% przedziału ufności, n – liczba obiektów podlegających ocenie.

Trafność testu sprawdza czy zmierzona w teście cecha jest faktycznie tą cechą, którą zamierzano zmierzyć. Ponieważ trafność w przeprowadzanych eksperymentach dotyczyła zakresu i poprawności wiedzy medycznej, autor pracy zdał się na doświadczenie ekspertów klinicznych przygotowujących wykorzystane w pracy testy wiedzy. Wyjątkiem od tej reguły jest pilotażowe badanie oceny jakości ścieżki jako kryterium oceny wiedzy medycznej, które zostało sprawdzone w punkcie 8.4.2. Tutaj trafność (kryterialna) oceny ścieżki została dodatkowo zweryfikowana w wyniku obliczenia współczynnika korelacji tej oceny z oceną tradycyjnego testu wiedzy.

Testy wiedzy były wystandaryzowane, czyli przeprowadzane w tych samych warunkach. Osiągnięto to dzięki zastosowaniu systemów informatycznych zapisujących reakcje studentów (np. system informatyczny losujący zestawy zadań opisany w podrozdziale 8.2), filmów instruktażowych demonstrujących użytkowanie wykorzystanych w ćwiczeniu programów lub drukowanych instrukcji ćwiczeń.

Normalizacja testu polega na interpretacji wyników poprzez właściwe przyporządkowanie ich do grup klasyfikacyjnych (np. egzamin zdany, niezdany) lub porównanie wyników dwóch różnych testów z odmiennymi skalami ocen. W przypadku testów wiedzy wykorzystywane były „surowe wyniki” (ang. *raw data*), dla których nie była konieczna weryfikacja tego kryterium jakości testu. W przypadku badania rekonstrukcji ścieżek (podrozdział 8.4), gdzie podejmowana była decyzja o uznaniu pracy za dobrą lub złą, kryterium normalizacyjnym było występowanie w diagramie zapisów czynności prowadzących do sytuacji zagrażającej życiu lub zdrowiu pacjenta. Decyzja podejmowana była przez eksperta medycznego na podstawie wytycznych medycznych wykorzystanych w badaniu. W niniejszej rozprawie doktorskiej nie istniała konieczność używania zagranicznych testów psychologicznych, więc ten aspekt podnoszony w literaturze [7][23][65] nie musiał podlegać ocenie.

Do pomiaru akceptacji scenariuszy edukacyjnych wykorzystano pytania w skali Likerta [115]. Pytania takie dotyczą akceptacji pewnej opinii lub stwierdzenia. Pytanie posiada zawsze nieparzystą liczbą odpowiedzi (najczęściej pięć), które ułożone są w porządku od stopnia całkowitej akceptacji opinii lub stwierdzenia, do całkowitego jej odrzucenia. Odpowiedź środkowa jest neutralna.

8.1.3. Wykazanie różnic wartości cechy między grupami

Wykazanie wyższości jednej metody nauczania nad drugą wymaga zbadania, czy zaobserwowane różnice wartości cech są istotne statystyczne (i mogą być uogólnione na całą populację), czy jedynie są dziełem przypadku (wynikają z doboru próby losowej).

Jeżeli można przyjąć założenie o normalności rozkładu zmiennej (sprawdzone np. testem Shapiro-Wilka lub Kołmogorowa-Smirnova) oraz jednorodności wariancji (sprawdzone testem F , testem Levene'a) wtedy do porównania średnich wykorzystuje się jeden z wariantów testu t -Studenta [163].

W celu porównania dwóch zmiennych powiązanych – np. poziom wiedzy w teście przed przeprowadzeniem ćwiczeń z wykorzystaniem ścieżek klinicznych (pre) i po ćwiczeniach (post), wtedy wartość statystyki t wynosi:

$$t = \frac{\bar{x}_d}{SE_d} \quad (14)$$

gdzie $\bar{x}_d$ średnia różnic w wynikach pre- i post-testu, SE_d to błąd standardowy różnicy wartości:

$$SE_d = \frac{s_d}{\sqrt{n}} \quad (14a)$$

gdzie s_d to średnie odchylenie różnic wartości.

Następnie wyliczoną statystykę należy porównać z wartością krytyczną dla wybranego poziomu ufności i podjąć decyzję:

- o odrzuceniu hipotezy o równości średnich i przyjęciu z wybranym poziomem ufności hipotezy o istotnej różnicy między grupami (w opisywanym przypadku – różnicy między metodami nauczania)
- o uznaniu, iż nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy o równości średnich (należy przyjąć, iż nie udało się wykazać różnicy pomiędzy metodami)

W rozprawie doktorskiej przyjęto często spotykany w literaturze poziom istotności dla testów statystycznych wynoszący $\alpha = 0,05$.

Gdy planowane jest porównanie dwóch niezależnych grup: na przykład studentów, którzy używali komputerowych ścieżek edukacyjnych oraz uczących się inną metodą, należy wykorzystać test t -Studenta dla zmiennych niepowiązanych o statystyce:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{SE_d} \quad (15)$$

gdzie, $\bar{x}_1, \bar{x}_2$ to średnie z dwóch grup,

$$SE_d = s_d \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \quad (15a)$$

n_1, n_2 to liczności grup,

$$s_d = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (15b)$$

s_1^2, s_2^2 to wariancje dwóch grup.

Należy pamiętać o konieczności sprawdzenia spełniania przez dane opisanych wcześniej założeń testu t -Studenta: zgodności z rozkładem normalnym i jednorodności wariancji.

Testy statystyczne informują nas jedynie o istotności różnicy, ale nie o jej wielkości. Wielkość efektu dla uniezależnienia się od stosowanej skali pomiarowej wyraża się w wielokrotnościach odchylenia standardowego między średnimi grup. Najczęściej spotykanym w literaturze [21] wskaźnikiem wielkości efektu jest miara d -Cohena liczona według wzoru (16):

$$d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s} \quad (16)$$

$$s = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2}} \quad (16a)$$

gdzie, $\bar{x}_1, \bar{x}_2$ to średnie z dwóch grup, n_1, n_2 to liczności grup, s_1^2, s_2^2 to wariancje dwóch grup. Umownie uznaje się, iż miara d -Cohena o wartościach 0,2 - 0,5 wskazuje na mały efekt, w przedziale 0,5 - 0,8 na średni, natomiast powyżej 0,8 na duży efekt ocenianego działania [123].

W przypadku, gdy poczynione założenia względem badanych wartości nie pozwalają na wykorzystanie testu t -Studenta, pozostaje stosowanie testów nieparametrycznych. Odpowiednikiem testu t -Studenta dla dwóch niezależnych próbek jest test U Manna-Whitneya. Do porównania dwóch prób powiązanych, nieparametryczną alternatywą testu t -Studenta dla prób zależnych jest test kolejności par Wilcoxa [163].

8.1.4. Wykazanie zależności między cechami

Sposób badania zależności między cechami zależy od typu zmiennych losowych reprezentujących cechy. W przypadku zmiennych mierzalnych na skali przedziałowej o rozkładzie normalnym, dla których podejrzewa się istnienie związku liniowego, najczęściej stosowaną miarą wzajemnej zależności jest współczynnik korelacji Pearsona przedstawiony już wcześniej dla dwóch cech T i E za pomocą wzoru (8).

W przypadku analizy zmiennych na skali porządkowej lub gdy występują trudności z wykazaniem rozkładu normalnego badanej cechy, można zastosować na przykład prezentowany już wcześniej współczynnik τ -Kendalla (12) lub nieparametryczny współczynnik korelacji rang R -Spearmana.

$$R_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2-1)} \quad (17)$$

gdzie d_i oznacza odległość między rangami odpowiadających sobie wartości cech. Ranga jest to numer przyporządkowany każdemu pomiarowi, tak, iż pomiar o najmniejszej wartości otrzyma numer 1, następny 2 itd. Nadawanie pomiarom rang (tzw. rangowanie) stosuje się m.in. by zmniejszyć wpływ możliwych wystąpień wartości odstających. Rangowanie stosowane jest dla zmiennych mierzalnych nie mających rozkładu normalnego. Stąd częste wykorzystanie tej operacji w metodach statystyki nieparametrycznej.

Wartości współczynników korelacji mieszczą się w przedziale $[-1; 1]$. Znak współczynnika korelacji określa kierunek korelacji, natomiast wartość bezwzględna – siłę korelacji. Wartości współczynnika korelacji większe od 0,5 wskazują silną korelację. Sposób wyznaczania przedziałów ufności dla współczynników korelacji można znaleźć m.in. w pozycji książkowej [163].

Za pomocą funkcji regresji (liniowej lub nieliniowej) można estymować wartość oczekiwaną zmiennej losowej Y (objaśnianej) dla zadanych wartości zmiennej losowej X (objaśniającej). Funkcja regresji liniowej zmiennej Y względem X ma postać

$$Y = a_y X + b_y \quad (18)$$

o parametrze regresji a_y i wyrazie wolnym b_y , które mogą być wyznaczone ze wzorów:

$$a_y = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (18a)$$

$$b_y = \bar{y} - a_y \bar{x} \quad (18b)$$

gdzie $\bar{x}$, $\bar{y}$ to średnie wartości mierzonych cech X i Y .

Zależność zmiennych jakościowych przedstawiana jest najczęściej w postaci tablic kontyngencji (wielodzielczych), pokazujących w postaci macierzowej rozkład częstości obserwacji poszczególnych koincydencji wartości dwóch cech. Istotność zależności zmiennych sprawdzana jest przeważnie jednym z wariantów testu χ^2 . Wybór konkretnego testu podyktowany jest sumaryczną liczebnością badanej próbki (n) oraz wartościami liczebności oczekiwanych (m) poszczególnych komórek tabeli kontyngencji. W niniejszej pracy, przyjęto zasadę, iż dla tabel kontyngencji o rozmiarach 2×2 i $n > 40$ i $m > 10$ stosowany jest klasyczny test χ^2 , dla $n > 40$ i $m < 5$ lub $40 \geq n > 20$ i $m > 5$ test χ^2 z poprawką Yatesa, a dla $n \leq 20$ lub $40 \geq n > 20$ i $m < 5$ dokładny test Fishera (FET) [163].

Podobnie jak miało to miejsce w przypadku różnic między średnimi, sam fakt stwierdzenia istotnej statystycznie zależności nie mówi jeszcze nic na temat siły zależności. Jako miarę siły zależności między zmiennymi jakościowymi o tablicach kontyngencji 2×2 można stosować współczynnik Φ Yule'a.

$$\Phi = \sqrt{\frac{\chi^2}{n}} \quad (19)$$

gdzie χ^2 to wartość statystyki, a n liczba elementów próbki losowej. Współczynnik Φ Yule'a ma wartości z przedziału 0 (brak zależności) do 1 (całkowita zależność).

8.1.5. Zastosowane narzędzia informatyczne

Większość obliczeń statystycznych w niniejszej pracy wykonana została przy użyciu pakietu statystycznego StatSoft Statistica 9.0 [163]. W przypadku statystyk, które nie były wbudowane w pakiet Statistica (dotyczy to przede wszystkim metod psychometrycznych oraz niektórych przedziałów ufności), stosowne obliczenia były uzupełniane przy użyciu arkusza kalkulacyjnego Microsoft Excel 2010.

8.2. Porównanie poprawności oraz efektywności wyszukiwania informacji w ścieżkach edukacyjnych i artykułach naukowych

8.2.1. Opis badania

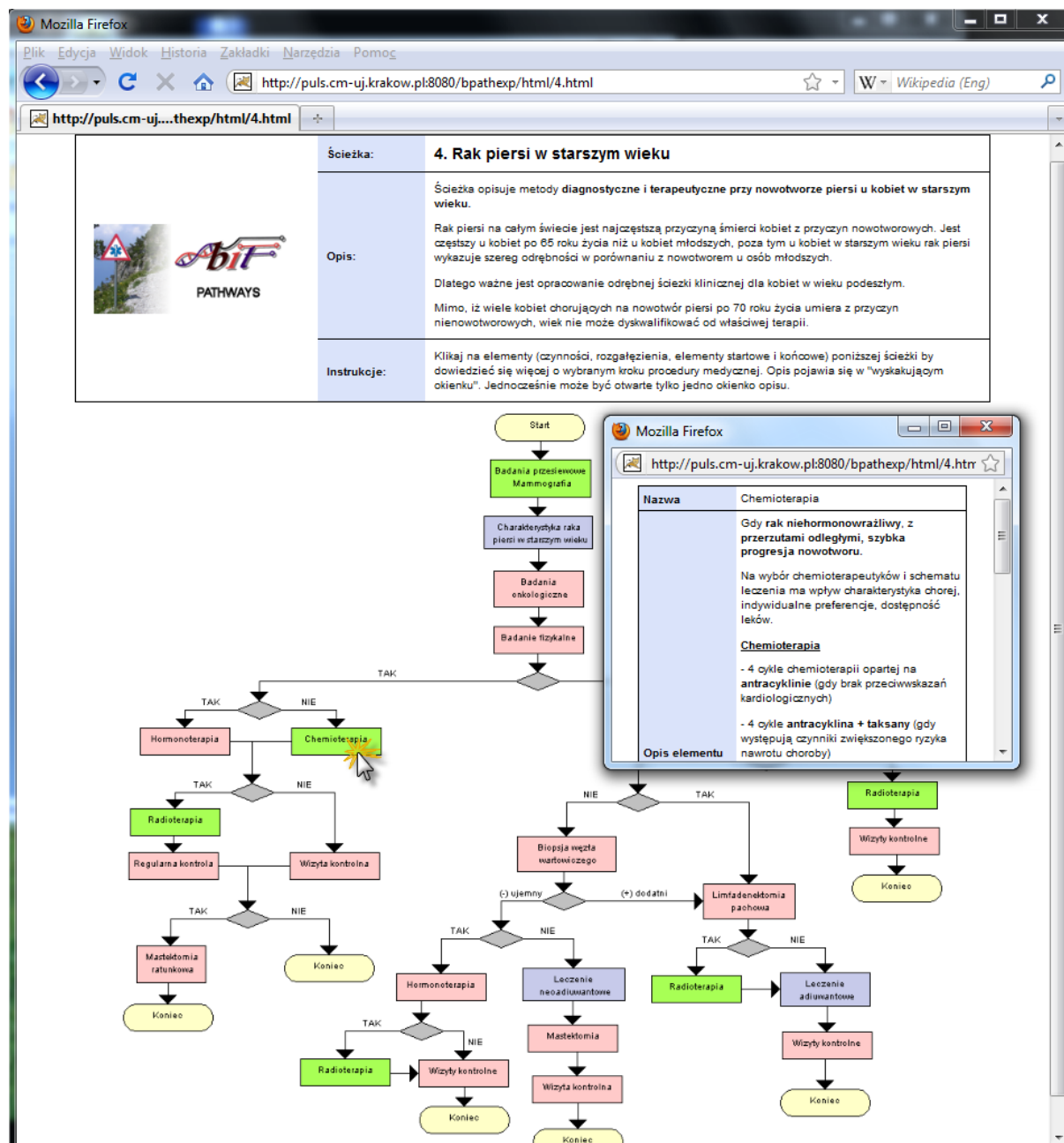
Celem badania była weryfikacja przydatności ścieżek edukacyjnych tworzonych przy użyciu programu Bit Pathways do wyszukiwania informacji klinicznej w chwili, gdy jest ona potrzebna (scenariusz nauki Just-In-Time [17]). Odpowiada to realizacji pierwszego scenariusza edukacyjnego opisanego w rozdziale 3.3. Badanie polegało na porównaniu poprawności i szybkości udzielania odpowiedzi na pytania związane z wybranym tekstem medycznym przez studentów korzystających ze ścieżki utworzonej w programie Bit Pathways albo z tekstowej wersji artykułu naukowego³⁰. Do eksperymentu wybrano cztery artykuły opublikowane w polskojęzycznych czasopismach naukowych: *Medycyna Praktyczna* (-Pediatria, -Onkologia) oraz *Neurologia Praktyczna*. Kryterium wyboru było opisywanie w artykule całego toku postępowania medycznego dotyczącego konkretnej jednostki chorobowej zawierające charakterystykę zalecanych czynności diagnostycznych i terapeutycznych. Artykuły stanowiły w większości przypadków przedruki (ew. komentowane streszczenia) prac publikowanych w czasopismach międzynarodowych. Do wybranych tematów należały:

- Temat 1: Nadciśnienie tętnicze odporne [181],
- Temat 2: Alergiczny nieżyt nosa [149],
- Temat 3: Bezsenność [179],
- Temat 4: Rak piersi w starszym wieku [110].

Niektóre wymienione publikacje w wersji oryginalnej zawierały schematy blokowe dodatkowo ilustrujące artykuł. Schematy oraz odwołania do nich zostały przed studentami ukryte. Tekst artykułów dostępny był dla studentów w formacie PDF na komputerach w pracowni.

Do każdego z tematów utworzona została kliniczna ścieżka edukacyjna w programie Bit Pathways (Rys. 41). Poszczególne elementy ścieżki, po aktywacji kursorem myszy, wyświetlały w dodatkowym oknie informacje dotyczące wybranego elementu. Wyświetlane informacje zaczerpnięte były z tekstu artykułu. Kolor elementów wskazywał na profesję osób odpowiedzialnych za wykonanie opisanych czynności (różowy – lekarz, zielony – laborant, pomarańczowe – pielęgniarka, niebieski – inne). W czasie przeprowadzenia eksperymentu, program Bit Pathways nie posiadał jeszcze opcji wyświetlania podpisu pod elementem decyzyjnym. Opis rombu pojawiał się dopiero w momencie wyboru elementu lewym przyciskiem myszy. Ścieżki eksportowane zostały z programu Bit Pathways do formatu HTML i opublikowane w sieci Internet [198].

³⁰ Eksperyment był wykonany przy współpracy z dr Aleksandrą Stachoń.



Rys. 41. Edukacyjna ścieżka kliniczna stworzona na podstawie pracy [110]

Tabela 10 zawiera porównanie objętości artykułów i przynależnych im ścieżek edukacyjnych. Pokazuje to, iż w przygotowaniu ścieżek usunięto część tekstu, która nie była bezpośrednio przydatna w podejmowaniu decyzji dotyczącej sposobu leczenia danej jednostki chorobowej. Usunięte fragmenty dotyczyły najczęściej metodologii prowadzenia doboru rekomendacji do artykułu. W ścieżkach edukacyjnych nie znalazła się również dyskusja działań, które były, a nie są aktualnie rekomendowane, gdyż zostały zastąpione przez nowsze metody, jak również takich czynności, które jeszcze nie są zalecane, gdyż nie ma na ich poparcie dostatecznej liczby dowodów.

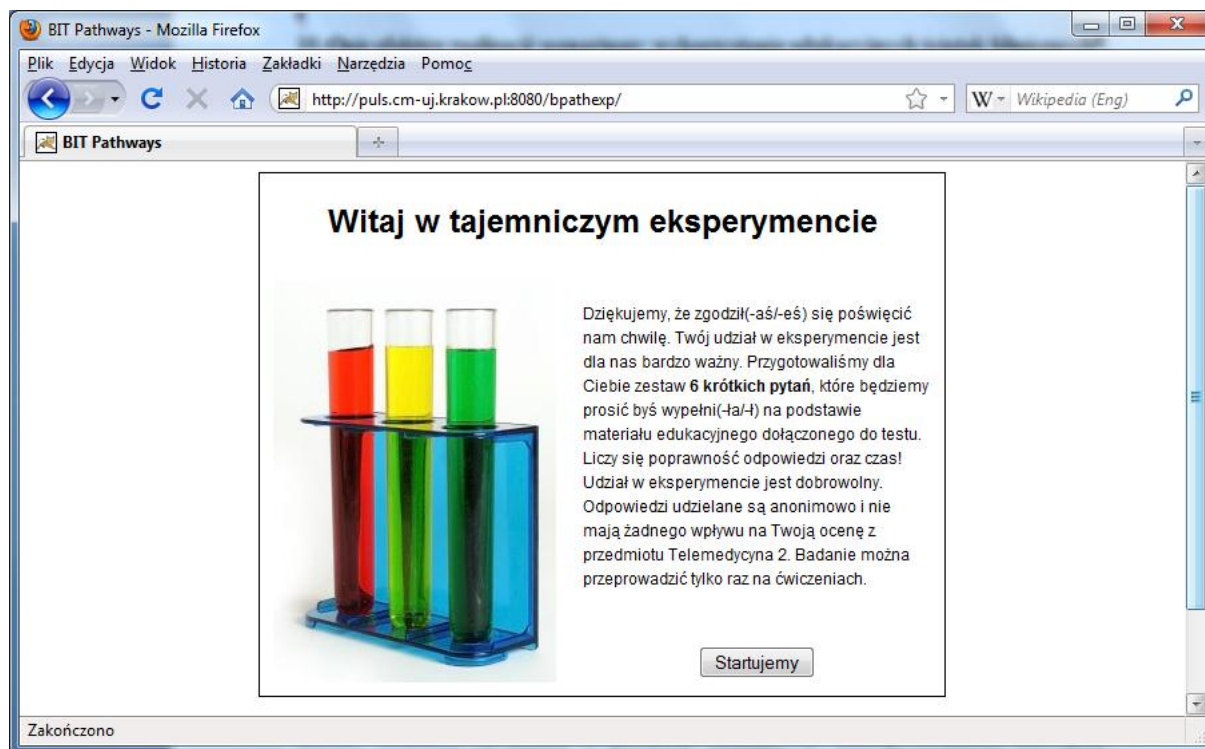
Tab. 10. Porównanie liczby słów w artykule i odpowiadającej mu ścieżce klinicznej

	Temat 1	Temat 2	Temat 3	Temat 4
Artykuł Liczba słów – całość	2794	3710	5672	4350
– w tekście zaleceń	2670	2286	4940	2150
– w komentarzach	0	464	0	1900
– w opisie metodologii	0	0	0	300
– w rysunkach i tabelach	124	960	732	0
Liczba tabel	0	3	3	0
Liczba rysunków	1	4	1	0
Ścieżka – Liczba słów	1962	2127	2060	1914
Liczba węzłów grafu ścieżki:	37	40	31	41
– Typu „czynność”	24	27	19	24
– Typu „decyzja”	8	6	6	10
Liczba krawędzi	41	40	32	45

Dla każdego z tematów został opracowany zestaw 6. pytań testowych pojedynczego wyboru odnoszących się do tekstu artykułu. Wszystkie użyte w eksperymencie pytania wraz z prawidłowymi odpowiedziami umieszczone są w aneksie 10.3.1.

Do wzięcia udziału w eksperymencie zostali zaproszeni wszyscy studenci trzeciego roku medycyny uczący się w Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w roku 2008 ($n = 296$). Udział w eksperymencie był dobrowolny, a dane jego uczestników traktowane były anonimowo. Studenci przystępowali do badania pod koniec ćwiczeń z przedmiotu Telemedycyna 2 w ciągu jednego tygodnia. Ze względu na nadprogramowość zadania i ewentualne konflikty czasowe z innymi zajęciami eksperyment był tak planowany by nie wymagał poświęcenia większej ilości czasu niż 30 minut. Eksperyment polegał na otwarciu strony internetowej (Rys. 42), na której automatycznie losował się:

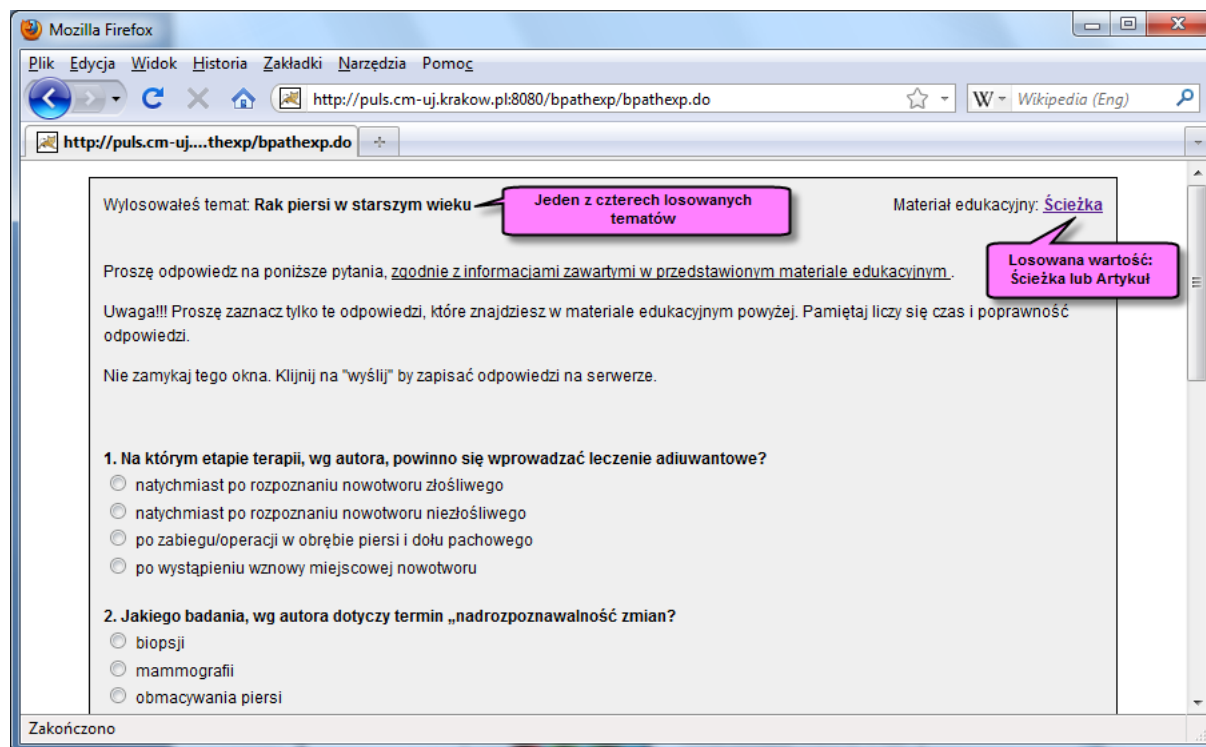
- jeden z czterech (opisanych powyżej) tematów klinicznych
- forma prezentacji wiedzy:
 - artykuł lub
 - ścieżka edukacyjna (przykład na rysunku 43).



Rys. 42. Strona startowa przeprowadzonego eksperymentu

Rysunek 43 przedstawia wynik wylosowania tematu, postaci materiału oraz część z przydzielonych do tematu pytań. Wszystkie pytania przynależne tematowi wyświetlane były jednocześnie, kolejność ich odpowiedzi była dowolna. Uczestnicy eksperymentu mogli korzystać z przydzielonego materiału (artykułu, ścieżki) w trakcie odpowiedzi na pytania.

W badaniu sprawdzane były (za wiedzą studentów) *czas* oraz *poprawność* udzielanych odpowiedzi. Poprawność odpowiedzi mierzona była w skali od 0 do 6 pkt (1 punkt za każdą prawidłową odpowiedź; bez ujemnych punktów za błędne odpowiedzi). Czas wykonania zadania mierzony był w sekundach od chwili wylosowania tematu do udzielenia odpowiedzi na ostatnie pytanie.



Rys. 43. Wylosowany temat oraz wersja materiału i przydzielony zestaw pytań

8.2.2. Otrzymane wyniki

W eksperymencie zgodziło się wziąć udział 214 studentów (72,3% ogółu). Tematy były przydzielane losowo. Temat 1,2,3 i 4 wylosowało odpowiednio 61 (28,5%), 51 (23,8%), 59 (27,6%) i 43 (20,1%) osób. Wersję tekstową i ścieżkową wylosowało odpowiednio 97 (45,3%) i 117 (54,7%) osób.

Tabele 11-14. prezentują uzyskane wyniki *poprawności* i *czasu* wykonania zadania dla wszystkich czterech tematów. Otrzymane wartości spełniały założenia rozkładu normalnego i jednorodności wariancji. We wszystkich przypadkach średni czas rozwiązania zadań u osób korzystających ze ścieżek był niższy niż u osób korzystających z artykułów naukowych, równocześnie osoby pracujące ze ścieżką przeciętnie zdobywały więcej punktów niż osoby korzystające z artykułu. Nie we wszystkich przypadkach różnice te były jednak istotne statystycznie. W trzech z czterech badanych tematów (1-3) pokazano, iż grupa czerpiąca wiedzę ze ścieżki w istotny statystycznie sposób szybciej odpowiedziała na pytania dotyczące treści bez widocznej straty jakości odpowiedzi. Różnica między średnim czasem wykonania zadania we wszystkich grupach korzystających ze ścieżek i z artykułu wynosiła 218 sekund (co stanowi 26% średniego czasu wykonania zadania; d -Cohena = 0,82). Co więcej, w jednym z tematów (temat 3) wykazano również statystycznie istotną różnicę w poprawności odpowiedzi na korzyść osób stosujących ścieżki. Wielkość efektu mierzona przez współczynnik d -Cohena można uznać za dużą w przypadku oszczędności czasu dla tematów 1 oraz poprawy jakości odpowiedzi dla tematu 3. Średnia wielkość efektu została zaobserwowana dla oszczędności czasu w temacie drugim.

Tab. 11. Ogólne wyniki eksperymentu dla tematu 1. Nadciśnienie tętnicze oporne

Temat 1		Poprawność [0-6pkt]				Czas [s]			
	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>d</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Artykuł	23	4,30	1,11	0,81	-	1004	265	<0,01	1,06
Ścieżka	38	4,34	1,17			730	263		

Tab. 12. Ogólne wyniki eksperymentu dla tematu 2. Alergiczny nieżyt nosa

Temat 2		Poprawność [0-6pkt]				Czas [s]			
	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>d</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Artykuł	27	4,85	1,38	0,98	-	834	264	0,01	0,75
Ścieżka	24	4,92	1,28			647	237		

Tab. 13. Ogólne wyniki eksperymentu dla tematu 3. Bezsenność

Temat 3		Poprawność [0-6pkt]				Czas [s]			
	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>d</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Artykuł	26	4,27	1,59	<0,01	1,00	990	262	<0,01	0,27
Ścieżka	33	5,48	0,87			669	205		

Tab. 14. Ogólne wyniki eksperymentu dla tematu 4. Rak piersi w starszym wieku

Temat 4		Poprawność [0-6pkt]				Czas [s]			
	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>d</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Artykuł	21	3,76	1,30	0,16	-	909	325	0,38	-
Ścieżka	22	4,32	0,84			830	254		

Tabela 15 zawiera wyniki kontroli rzetelności (czyli wewnętrznej spójności) zestawów pytań utworzonych na potrzeby poszczególnych tematów. Dla tematów 2 i 3 udało się wykazać akceptowalną spójność wewnętrzną testu (α -Cronbacha odpowiednio 0,59 i 0,64), podczas gdy powtarzalność testów w tematach 1 i 4 jest mocno wątpliwa. Niskie wartości rzetelności mogą być częściowo wyjaśniane małą liczbą pytań w testach ($n = 6$), wiadomo bowiem, iż długość testu dodatnio wpływa na jego wynik rzetelności wg współczynnika α -Cronbacha [151]. Mała liczba pytań dotycząca poszczególnych tematów podyktowana była ograniczeniami czasowymi związanymi z warunkami, w jakich przeprowadzony był eksperyment. Należy też zwrócić uwagę na szerokie przedziały ufności (szczególnie widoczne w temacie 4). Możliwe, iż dla większej próbki studentów wyniki rzetelności znacznie by się poprawiły. Niemniej ze względu na podejrzenie istotnych braków wewnętrznej spójności pytań dotyczące w szczególności tematu 4, ale również (w mniejszym stopniu) tematu 1 wyniki dotyczące zdobytych punktów w testach dotyczących tych tematów mają charakter pilotażowy.

Tab. 15. Sprawdzenie wewnętrznej spójności testów wiedzy

	Temat 1	Temat 2	Temat 3	Temat 4
α -Cronbacha	0,25 $\pm$ 0,29	0,59 $\pm$ 0,18	0,64 $\pm$ 0,14	-0,06 $\pm$ 0,49

Tabele 16-19 porównują szczegółowo wyniki odpowiedzi na poszczególne pytania w testach dla grupy korzystającej z artykułu i ścieżki. Udało się wykazać statystycznie istotną różnicę w poprawności odpowiedzi na trzy pytania: Q1.3, Q3.3 i Q3.5. We wszystkich istotnych statystycznie przypadkach grupa korzystająca ze ścieżek miała wyższą średnią liczbę punktów.

Tab. 16. Szczegółowe wyniki odpowiedzi na poszczególne pytania w temacie 1. Nadciśnienie tętnicze odporne

Temat: 1	Q1.1	Q1.2	Q1.3	Q1.4	Q1.5	Q1.6
Grupa: Artykuł, n = 23						
Liczba (%) prawidłowych odpowiedzi	22 (96%)	19 (83%)	17 (74%)	17 (74%)	10 (43%)	14 (61%)
Liczba (%) nieprawidłowych odpowiedzi	1 (4%)	3 (13%)	6 (26%)	6 (26%)	12 (52%)	7 (30%)
Liczba (%) przypadków braku odpowiedzi	0 (0%)	1 (4%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (4%)	2 (9%)
Średnia	0,96	0,86	0,74	0,74	0,45	0,67
Grupa: Ścieżka, n = 38	Q1.1	Q1.2	Q1.3	Q1.4	Q1.5	Q1.6
Liczba (%) prawidłowych odpowiedzi	34 (89%)	28 (74%)	37 (97%)	29 (76%)	13 (34%)	24 (63%)
Liczba (%) nieprawidłowych odpowiedzi	4 (11%)	10 (26%)	1 (3%)	8 (21%)	24 (63%)	13 (34%)
Liczba (%) przypadków braku odpowiedzi	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (3%)	1 (3%)	1 (3%)
Średnia	0,89	0,74	0,97	0,78	0,35	0,65
p dla χ^2 z poprawką Yatesa	0,71	0,41	0,02	0,93	0,61	0,88
Miara korelacji Φ Yule'a	-	-	- 0,35	-	-	-

Tab. 17. Szczegółowe wyniki odpowiedzi na poszczególne pytania w temacie 2. Alergiczny nieżyt nosa

Temat: 2	Q2.1	Q2.2	Q2.3	Q2.4	Q2.5	Q2.6
Grupa: Artykuł, n = 27						
Liczba (%) prawidłowych odpowiedzi	26 (96%)	18 (67%)	22 (81%)	24 (89%)	22 (81%)	19 (70%)
Liczba (%) nieprawidłowych odpowiedzi	1 (4%)	9 (33%)	5 (19%)	2 (7%)	5 (19%)	8 (30%)
Liczba (%) przypadków braku odpowiedzi	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (4%)	0 (0%)	0 (0%)
Średnia	0,96	0,67	0,81	0,92	0,81	0,70
Grupa: Ścieżka, n = 24	Q2.1	Q2.2	Q2.3	Q2.4	Q2.5	Q2.6
Liczba (%) prawidłowych odpowiedzi	20 (83%)	18 (75%)	20 (83%)	21 (88%)	21 (88%)	18 (75%)
Liczba (%) nieprawidłowych odpowiedzi	4 (17%)	5 (21%)	4 (17%)	2 (8%)	2 (8%)	5 (21%)
Liczba (%) przypadków braku odpowiedzi	0 (0%)	1 (4%)	0 (0%)	1 (4%)	1 (4%)	1 (4%)
Średnia	0,83	0,78	0,83	0,91	0,91	0,78
p dla χ^2 z poprawką Yatesa	0,28	0,55	0,85	0,69	0,56	0,76
Miara korelacji Φ Yule'a	-	-	-	-	-	-

Tab. 18. Szczegółowe wyniki odpowiedzi na poszczególne pytania w temacie 3. Bezsenność

Temat: 3	Q3.1	Q3.2	Q3.3	Q3.4	Q3.5	Q3.6
Grupa: Artykuł, n = 26						
Liczba (%) prawidłowych odpowiedzi	22 (85%)	20 (77%)	18 (69%)	17 (65%)	15 (58%)	19 (73%)
Liczba (%) nieprawidłowych odpowiedzi	4 (15%)	6 (23%)	6 (23%)	5 (19%)	10 (38%)	5 (19%)
Liczba (%) przypadków braku odpowiedzi	0 (0%)	0 (0%)	2 (8%)	4 (15%)	1 (4%)	2 (8%)
Średnia	0,85	0,77	0,75	0,77	0,60	0,79
Grupa: Ścieżka, n = 33	Q3.1	Q3.2	Q3.3	Q3.4	Q3.5	Q3.6
Liczba (%) prawidłowych odpowiedzi	31 (94%)	28 (85%)	32 (97%)	29 (88%)	32 (97%)	29 (88%)
Liczba (%) nieprawidłowych odpowiedzi	2 (6%)	5 (15%)	0 (0%)	4 (12%)	1 (3%)	4 (12%)
Liczba (%) przypadków braku odpowiedzi	0 (0%)	0 (0%)	1 (3%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Średnia	0,94	0,85	1,00	0,88	0,97	0,88
p dla χ^2 z poprawką Yatesa	0,45	0,66	0,01	0,50	<0,01	0,60
Miara korelacji Φ Yule'a	-	-	-0,40	-	-0,47	-

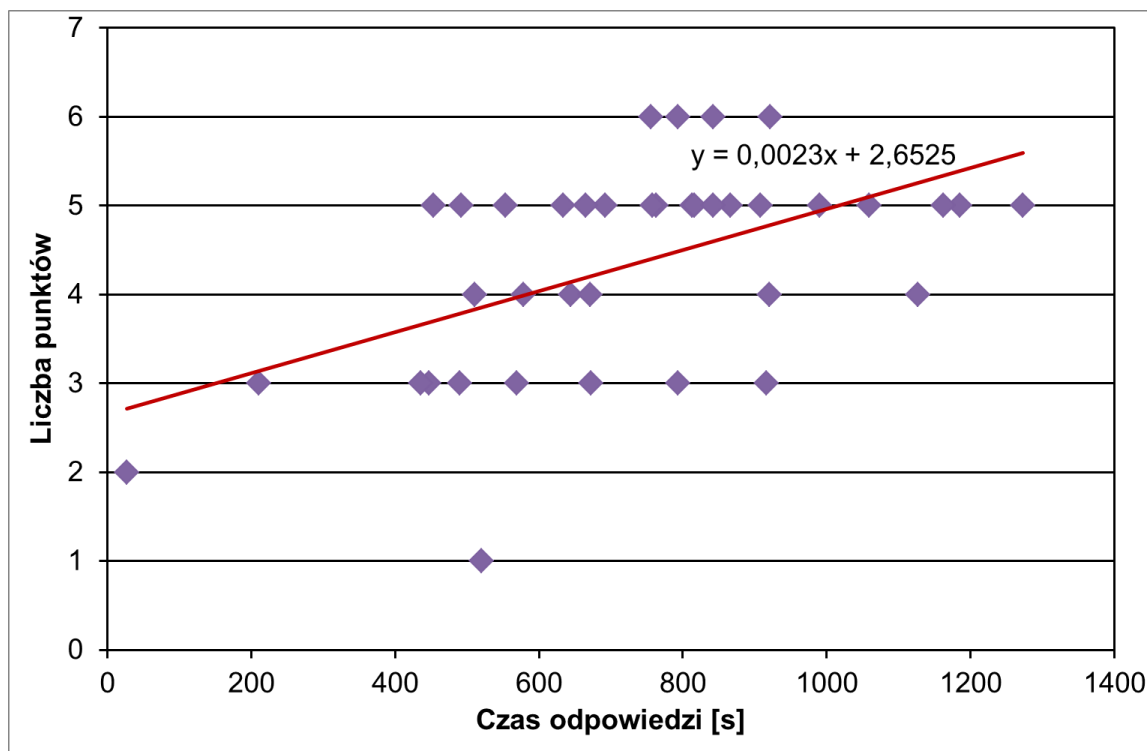
Tab. 19. Szczegółowe wyniki odpowiedzi na poszczególne pytania w temacie 4. Rak piersi w starszym wieku

Temat: 4	Q4.1	Q4.2	Q4.3	Q4.4	Q4.5	Q4.6
Grupa: Artykuł, n = 21						
Liczba studentów w grupie	21	21	21	21	21	21
Liczba (%) prawidłowych odpowiedzi	11 (52%)	19 (90%)	14 (67%)	7 (33%)	11 (52%)	17 (81%)
Liczba (%) nieprawidłowych odpowiedzi	10 (48%)	2 (10%)	7 (33%)	14 (67%)	10 (48%)	4 (19%)
Liczba (%) przypadków braku odpowiedzi	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Średnia	0,52	0,90	0,67	0,33	0,52	0,81
Grupa: Ścieżka, n = 22	Q4.1	Q4.2	Q4.3	Q4.4	Q4.5	Q4.6
Liczba studentów w grupie	22	22	22	22	22	22
Liczba (%) prawidłowych odpowiedzi	16 (73%)	20 (91%)	8 (36%)	14 (64%)	17 (77%)	20 (91%)
Liczba (%) nieprawidłowych odpowiedzi	6 (27%)	2 (9%)	14 (64%)	8 (36%)	5 (23%)	2 (9%)
Liczba (%) przypadków braku odpowiedzi	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Średnia	0,73	0,91	0,36	0,64	0,77	0,91
p dla χ^2 z poprawką Yatesa	0,29	0,63	0,09	0,09	0,16	0,62
Miara korelacji Φ Yule'a	-	-	-	-	-	-

Tabela 20 prezentuje wyniki badania korelacji pomiędzy czasem odpowiedzi na pytania a liczbą punktów zdobytych w testach dotyczących poszczególnych tematów z podziałem na grupy korzystające z artykułu i ze ścieżki. Udało się wykazać jedną korelację ($R = 0,49$) dla pierwszego tematu dla grupy korzystającej ze ścieżki (Rys. 44, $y = 0,0023x + 2,6525$).

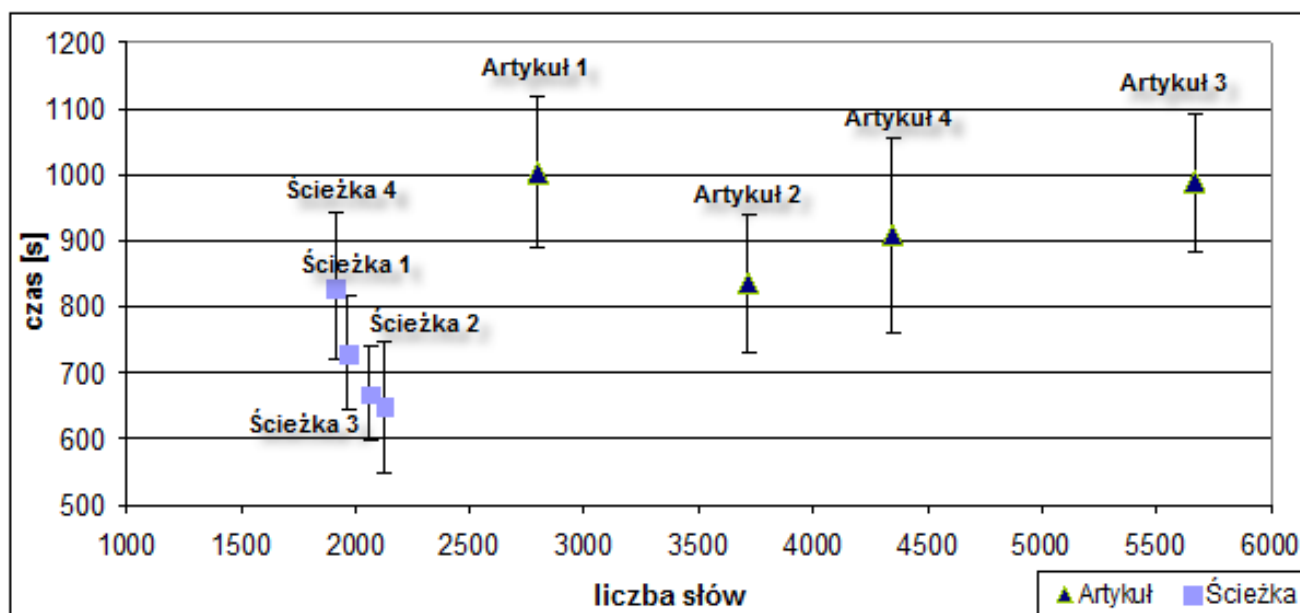
Tab. 20. Badanie współczynników korelacji rang Spearmana

Temat	Typ materiału	Poziom istotności korelacji p	Współczynnik R-Spearmana
Temat 1	Artykuł	0,14	-
	Ścieżka	<0,01	0,49
Temat 2	Artykuł	0,20	-
	Ścieżka	0,89	-
Temat 3	Artykuł	0,43	-
	Ścieżka	0,36	-
Temat 4	Artykuł	0,44	-
	Ścieżka	0,60	-



Rys. 44. Zależność zdobytej liczby punktów od czasu odpowiedzi dla studentów analizujących ścieżkę edukacyjną dotyczącą pierwszego tematu

Rysunek 45 pokazuje zestawienie liczby słów w materiałach dostarczonych studentom i średni czas poświęcony na odpowiedź na pytania związane z danym tematem.



Rys. 45. Zależność czasu rozwiązania zadań od liczby słów w tekście artykułu/ścieżce (przedz. ufn. 95%)

8.2.3. Dyskusja wyników

Badanie wykazało krótszy czas wyszukiwania informacji w ścieżkach klinicznych niż w tekstach artykułów. Można to próbować wyjaśnić większą ilością tekstu w artykule niż w ścieżce (Tab. 10). Trzeba jednak zauważyć, że część tekstu dostępna w publikacji, której brakuje w opisie ścieżki przedstawiona jest w formie graficznej co nie jest uwzględnione w tabeli 10. Inną przyczyną rozbieżności w objętości tekstu pomiędzy ścieżką a tekstem artykułu jest fakt, iż opuszczono informacje np. dotyczące metodologii prowadzenia doboru rekomendacji, czy rozważania na temat różnic leczenia w różnych krajach. Te fragmenty (posiadające odpowiednie nagłówki w tekście artykułu) i tak nie były analizowane przez studentów w czasie wykonywania zadania. Potwierdzeniem tego spostrzeżenia wydaje się być obserwacja poczyniona w eksperymencie braku zależności czasu spędzonego na odpowiadanie na pytania od objętości tekstu artykułu (Rys. 45). Nie jest to spowodowane przerwaniem eksperymentu, gdyż studenci mieli ok. 30 minut czasu na zadanie i nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy o braku normalności rozkładu cechy statystycznej *czas*. Możliwym wyjaśnieniem jest to, iż poszukując szybko ściśle określonej informacji w tekście (tak jak ma to miejsce w przypadku pierwszego zaprezentowanego scenariusza nauki) czytelnik posiada jedynie ograniczoną „cierpliwość”. Po osiągnięciu jej granicy porzuca poszukiwania i wybiera odpowiedź, która wydaje mu się najbardziej stosowna. Zaletą ścieżek w postaci prezentowanej przez program Bit Pathways jest ukrycie objętości tekstu przez poszczególne elementy i wyświetlanie ich tylko na żądanie w sytuacji, gdy jest krytycznie potrzebny. Pozwala to na opóźnienie powstania efektu zniecierpliwienia. Wymaga to jednak dalszych badań prowadzonych dla ścieżek o bardziej zróżnicowanej objętości tekstu niż w prezentowanym eksperymencie. W wynikach przeprowadzonego badania zaskakuje fakt, iż największy efekt (mierzony wartością *d-Cohena*) został zaobserwowany dla tematu o najmniejszej różnicy w ilości tekstu pomiędzy artykułem a ścieżką, co pozwala podejrzewać, iż oprócz skrótu informacji i ukrycia objętości tekstu, ścieżki tworzone w programie Bit Pathways posiadają jeszcze inne właściwości przyspieszające pozyskiwanie informacji. Wyniki mogą być zależne od charakteru tematu, cech artykułu lub doboru pytań. By to sprawdzić pytania użyte w testach (przedstawione w aneksie 10.3.1) podzielono na pięć grup reprezentujących różne typy zapotrzebowań na informacje medyczną (Tab. 21).

Tab. 21. Typy pytań medycznych zastosowanych w eksperymencie 1

Typ pytania (Skrót)	Opis typu pytania
CHR	Pytanie dotyczy właściwej kolejności wykonania czynności diagnostycznych bądź terapeutycznych
DTS	Konieczny jest wybór właściwej metody diagnostycznej/terapeutycznej w konkretnej sytuacji
SMP	Istotna jest znajomość określonych objawów chorobowych
EXP	Pytanie wymaga wskazania uzasadnienia pewnego działania
ENC	Pytanie wymaga wybrania prawidłowego wyjaśnienia pewnego pojęcia (definicji)

Tabela 22 przedstawia strukturę typów pytań dostępnych w poszczególnych testach użytych w eksperymencie.

Tab. 22. Typy pytań w testach z eksperymentu pierwszego

	Temat 1	Temat 2	Temat 3	Temat 4
1	EXP	SMP	DTS	CHR
2	DTS	SMP	CHR	ENC
3	DTS	ENC	CHR	CHR
4	DTS	SMP	ENC	CHR
5	CHR	EXP	DTS	DTS
6	CHR	CHR	DTS	DTS

Tabele 23-27 zawierają porównanie średniej poprawności odpowiedzi na pytania poszczególnych typów. Różnice, które okazały się istotne statystycznie przedstawiono w czcionce wytłuszczonej i podkreślonej. Dla każdej różnicy średnich uzyskanych na podstawie próbki z eksperymentu została policzona wielkość efektu *d*-Cohena.

Tab. 23. Wyniki poprawności odpowiedzi na pytania CHR (dotyczące chronologii czynności uzyskane dla grupy korzystającej z artykułu i ze ścieżki)

CHR	Q1.5	Q1.6	Q2.6	Q3.2	Q3.3	Q4.1	Q4.3	Q4.4
$\bar{x}_a$	0,45	0,67	0,70	0,77	<u>0,75</u>	0,52	0,67	0,33
$\bar{x}_s$	0,35	0,65	0,76	0,85	<u>1,00</u>	0,73	0,36	0,64
<i>d</i>	-0,21	-0,04	0,18	0,20	<u>0,87</u>	0,43	-0,64	0,64

Tab. 24. Wyniki poprawności odpowiedzi na pytania DTS (dotyczące wyboru właściwych metod diagnostycznych i terapeutycznych uzyskane dla grupy korzystającej z artykułu i ze ścieżki)

DTS	Q1.2	Q1.3	Q1.4	Q3.1	Q3.5	Q3.6	Q4.5	Q4.6
$\bar{x}_a$	0,86	<u>0,74</u>	0,74	0,85	<u>0,60</u>	0,79	0,52	0,81
$\bar{x}_s$	0,74	<u>0,97</u>	0,78	0,94	<u>0,97</u>	0,88	0,77	0,91
<i>d</i>	-0,31	<u>0,79</u>	0,11	0,31	<u>1,06</u>	0,24	0,54	0,29

Tab. 25. Wyniki poprawności odpowiedzi na pytania dotyczące SMP (właściwego rozpoznania symptomów chorobowych uzyskane dla grupy korzystającej z artykułu i ze ścieżki)

SMP	Q2.1	Q2.2	Q2.4
$\bar{x}_a$	0,96	0,67	0,92
$\bar{x}_s$	0,83	0,78	0,91
<i>d</i>	-0,45	0,26	-0,04

Tab. 26. Wyniki poprawności odpowiedzi na pytania EXP (dotyczące wyboru umiejętności objaśnienia pewnych zjawisk lub działań uzyskane dla grupy korzystającej z artykułu i ze ścieżki)

EXP	Q1.1	Q2.5
$\bar{x}_a$	0,96	0,81
$\bar{x}_s$	0,89	0,91
<i>d</i>	-0,23	0,29

Tab. 27. Wyniki poprawności odpowiedzi na pytania ENC (dotyczące znajomości pojęć encyklopedycznych dla grupy korzystającej z artykułu i ze ścieżki)

ENC	Q2.3	Q3.4	Q4.2
$\bar{x}_a$	0,81	0,77	0,90
$\bar{x}_s$	0,83	0,88	0,91
<i>d</i>	0,05	0,29	0,01

Średnią wielkość efektu dla poszczególnych typów pytań przedstawia tabela 28.

Tab. 28. Średnia wielkość efektu zwiększenia poprawności odpowiedzi na pytania w poszczególnych klasach pytań zastosowanych w eksperymencie 1

$\bar{d}_{CHR}$	0,18
$\bar{d}_{DTS}$	0,38
$\bar{d}_{SMP}$	-0,08
$\bar{d}_{EXP}$	0,03
$\bar{d}_{ENC}$	0,12

Klasami pytań, które posiadały największą wielkość efektu w eksperymencie były pytania DTS („wybór właściwej metody diagnostycznej/terapeutycznej w konkretnej sytuacji”) i CHR („właściwej kolejności wykonania czynności diagnostycznych bądź terapeutycznych”). Wyjaśnić to może „dwuwymiarowość” wykresów ścieżek. Tekst zaleceń zawartych w artykułach jest z natury jednowymiarowy i nie pozwala na proste przedstawianie związków czasowych, następstw czy miejsc decyzyjnych, które w schemacie graficznym mogą być z łatwością zaprezentowane i skuteczniej zinterpretowane przez studenta. W eksperymencie ścieżki okazały się podobnie przydatne, co tradycyjny artykuł w znajdowaniu informacji na temat interpretacji objawów chorobowych lub wyszukiwaniu uzasadnień różnych działań. Interpretując wyniki należy jednak pamiętać o braku istotności statystycznej wielu różnic, trudnościach w osiągnięciu wewnętrznej spójności dwóch testów oraz o różnicach liczby pytań w różnych kategoriach. Dlatego te przypuszczenia trzeba zweryfikować w dalszych badaniach.

Osiągnięte wyniki mogły być bardziej jednoznaczne gdyby nie duża rozbieżność w wynikach odpowiedzi na niektóre pytania w obrębie poszczególnych kategorii, która może świadczyć o niezbyt szczęśliwym ich sformułowaniu. Uwagę zwróciło np. pytanie Q4.3, które przynależąc do kategorii pytań CHR, w której przeważają dodatnie wartości wielkości efektu w porównaniu ścieżki-artykuł, wykazuje duży efekt ujemny w poprawności odpowiedzi.

Pytanie Q4.3 brzmi:

Q4.3) Jaki rodzaj terapii, wg autora, jest wprowadzany jako pierwszy, gdy występują odległe przerzuty nowotworu?

- a) chemioterapia lub hormonoterapia
- b) mastektomia ratunkowa
- c) limfadenektomia pachowa
- d) radioterapia

Duża grupa studentów z grupy, która wylosowała ścieżkę wybrała odpowiedź c) *limfadenektomia pachowa* (45% odpowiedzi), podczas gdy prawidłową odpowiedzią było a) *chemioterapia lub hormonoterapia* (wybrana przez 36%). Podobny problem nie wystąpił w grupie pracującej nad artykułem gdzie 67% wybrało prawidłową odpowiedź. Wyjaśnienie dostarcza analiza rysunków 47 i 48 pokazujących proces lokalizacji wiedzy w artykule i ścieżce.

Rak piersi z przerzutami odległymi

Cele leczenia rozsiańego raka piersi u osób starszych nie odbiegają od celów stawianych w młodszych grupach wiekowych o tym samym stopniu zaawansowania nowotworu. Leczeniem z wyboru w przypadku chorych na raka piersi wykazującego ekspresję receptorów hormonalnych jest hormonoterapia. Chemioterapię należy rozważyć u chorych na raka piersi niewykazującego ekspresji receptorów hormonalnych, opornego na hormonoterapię lub z szybką progresją nowotworu. Na wybór chemioterapeutyków i schematu leczenia ma wpływ charakterystyka chorej, indywidualne preferencje i dostępność leków.

Rys. 46. Lokalizacja prawidłowej odpowiedzi na pytanie Q4.3 w tekście artykułu

Podczas gdy w artykule właściwe odpowiedzi można szybko zlokalizować w sekcji „Rak piersi z przerzutami odległymi” (Rys. 46.) studenci analizujący w ścieżce możliwość c) natrafiali na „podchwytliwą” informację (Rys. 47, czerwone zaznaczenie) mówiącą o dużym ryzyku powstania przerzutów odległych, podczas gdy pytanie było o procedurę stosowaną przy faktycznym wystąpieniu przerzutów odległych (Rys. 47, zielone zaznaczenie).

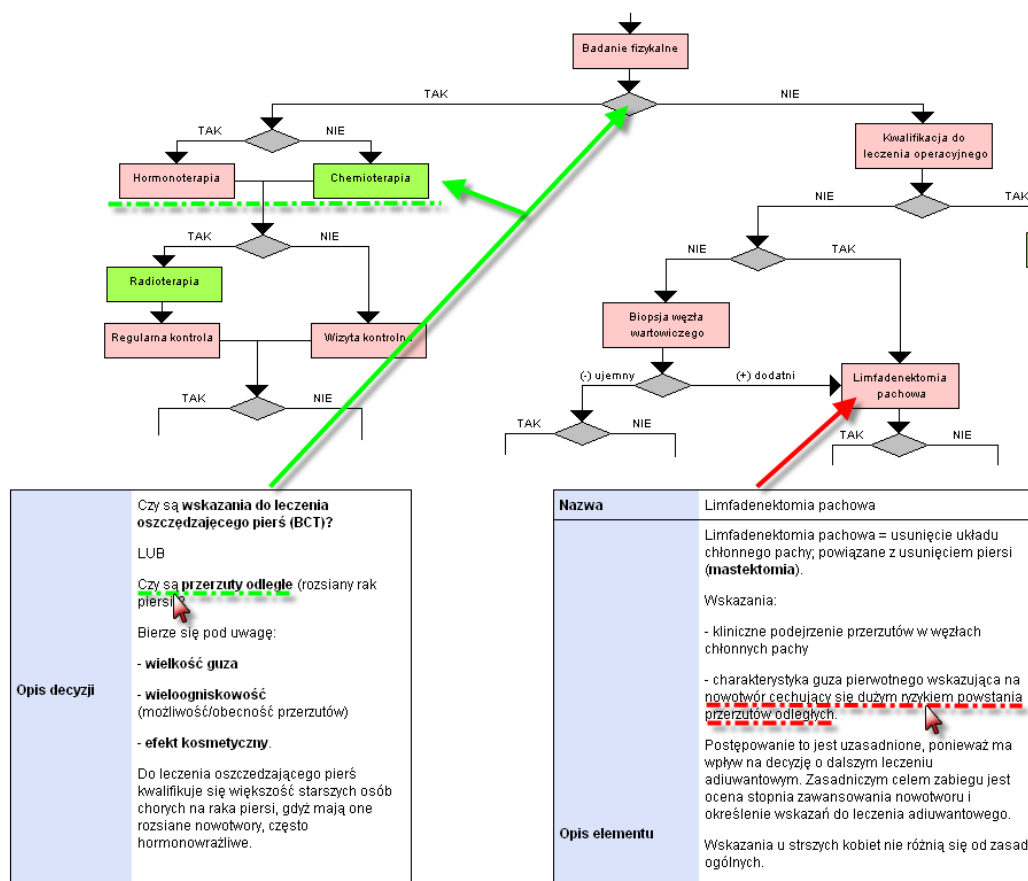
W kolejnym pytaniu w tym teście (Q.4.4) sytuacja odwróciła się. Tym razem większość studentów pracujących w oparciu o artykuł (66%) nie umiała udzielić właściwej odpowiedzi na pytanie:

Q4.4) Jaka powinna być, wg autora, kolejność procedur medycznych w diagnozie i terapii nowotworu?

- a) limfadenektomia pachowa, biopsja węzła wartowniczego, napromieniowanie
- b) mastektomia ratunkowa, chemioterapia, napromieniowanie
- c) mammografia, napromieniowanie, limfadenektomia pachowa
- d) badanie fizykalne, ocena czy istnieją przerzuty odległe, biopsja węzła wartowniczego

(częstość poszczególnych odpowiedzi wynosiła a) 14%, b) 19%, c) 33%, d) 33%, podczas gdy większość osób korzystających ze ścieżki (64%) odpowiedziało prawidłowo (odpowiedź d). Odpowiedź na pytanie

Q4.4 na podstawie ścieżki wymagała jedynie prześledzenia graficznego kształtu diagramu blokowego (Rys. 47), w przypadku publikacji wymagała wnikliwej lektury całego tekstu artykułu, gdyż wymagane informacje znajdowały się w kilku miejscach. Powodem może być więc sformułowanie pytania i odpowiedzi, które umożliwiają w skomplikowanym tekście artykułu wiele różnych interpretacji. Podany przykład pokazuje, że stosowanie ścieżkowej formy reprezentacji wiedzy samo w sobie nie gwarantuje poprawności treści; przykład dotyczy pojedynczego przypadku ścieżki, i nie podważa własności ścieżek jako metody dydaktycznej.



Rys. 47. Lokalizacja prawidłowej odpowiedzi na pytanie Q4.3 w ścieżce edukacyjnej (podkreślenia zielone) i lokalizacja informacji, która mogła prowadzić do najczęściej podawanej błędnej odpowiedzi (podkreślenia czerwone)

W pytaniach, w których wystąpiła statystycznie istotna różnica w poprawności odpowiedzi Q3.5, Q3.3 i Q3.1:

Q3.5) Jakiego leku, wg autora, nie stosuje się w terapii bezsenności?

- diazepam
- fluoksetyna
- hydroksyzyna
- zolpidem

Q3.3) Jaki typ leczenia, wg autora, powinien być włączony jako pierwszy do terapii bezsenności?

- a) przyjmowanie melatoniny i innych preparatów promujących sen
- b) stosowanie środków nefarmakologicznych
- c) przerywane przyjmowanie leków
- d) przyjmowanie leków nasennych II generacji

Q1.3) Jakie badanie, wg autora, służy wykryciu retinopatii nadciśnieniowej?

- a) badanie ciśnienia śródgałkowego
- b) badanie przedniego odcinka oka
- c) badanie dna oka
- d) badanie pola widzenia

liczba prawidłowych odpowiedzi w grupie pracującej nad artykułem, pomimo, iż gorsza niż w grupie pracującej z wykorzystaniem ścieżek, była nadal była wysoka (odpowiednio 0,60; 0,74; 0,75) co raczej pozwala wykluczyć złe sformułowanie pytania jako powód powstania różnicy.

Uzyskane w eksperymencie wyniki zachęcają do prowadzenia dalszych, bardziej wnikliwych badań dotyczących klinicznych ścieżek edukacyjnych, sprawdzających np.

- jaki rodzaj informacji powinny zawierać edukacyjne ścieżki kliniczne by były skuteczne?
- w jakich sytuacjach należy je stosować?
- dla jakich grup są szczególnie przydatne?

Należy również pamiętać, iż szybkość i poprawność odpowiedzi na pytania *Just-In-Time* nie mówi nic na temat wpływu ścieżek na retencję wiedzy, czyli faktyczną naukę. W tym badaniu nie został również uwzględniony czynnik satysfakcji uczestników eksperymentu porównujący komfort pracy ze ścieżką i artykułem. W opisywanym eksperymencie studenci po raz pierwszy zetknęli się z wylosowanym tekstem medycznym. Interesującym byłoby porównanie efektywności wykorzystania różnych form wiedzy nie tylko do wyszukiwania informacji w nowym tekście, ale również np. do odświeżania posiadanej wiedzy. Warto się również zastanowić czy zyski w czasie pobierania informacji rekompensują nakład pracy na stworzenie ścieżki.

8.3. Tworzenie ścieżek przez studentów na podstawie publikacji medycznych

8.3.1. Opinia studentów dotycząca przydatności scenariusza w programie nauczania

Scenariusz ćwiczeń polegający na przedstawieniu graficznym w grupach dwuosobowych treści artykułu w formie ścieżki klinicznej przeprowadzony był w latach akademickich 2008/09 i 2009/10 na trzecim roku kierunku lekarskiego Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz w roku akademickim 2009/10 dla studentów obcojęzycznych pierwszego roku kierunku lekarskiego działającej przy Uniwersytecie Jagiellońskim, Szkoły Medycznej dla Obcokrajowców. Studenci uczestniczący w tych ćwiczeniach proszeni zostali o ocenę ćwiczeń w formie ankiety. Podobny scenariusz edukacyjny przeprowadzony został również w latach akademickich 2008/09 i 2009/10 na trzecim roku kierunku lekarskiego-dentystycznego Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz pilotażowo w roku 2009/2010 na grupie 10 studentów kierunku Informatyka Stosowana Wydziału Fizyki, Informatyki Stosowanej i Astronomii Uniwersytetu Jagiellońskiego – w tych przypadkach nie były przeprowadzane ankiety ewaluacyjne.

8.3.1.1. Rok 2008/09 – Trzeci rok medycyny studenci polskojęzyczni

Możliwości wdrożenia omawianego scenariusza edukacyjnego ograniczona była dostępnością komputerów na ćwiczeniach studenckich oraz możliwością ingerencji w program ćwiczeń. W przypadku studentów wydziału lekarskiego liczba tych zajęć nie była zbyt duża i dla Zakładu Bioinformatyki i Telemedycyny CM UJ ograniczona jest do zajęć z przedmiotu Telemedycyna I na pierwszym roku w semestrze zimowym, Telemedycyna II na trzecim roku w semestrze zimowym, zajęć fakultatywnych z e-learningu na czwartym roku w semestrze letnim oraz zajęć z Metodologii Badań Naukowych dla słuchaczy drugiego roku studiów doktoranckich. Zdecydowano o wprowadzeniu badanego scenariusza w ramach przedmiotu Telemedycyna II.

Omawiana poniżej ankieta przeprowadzona była w listopadzie 2008 na tydzień po zakończeniu ćwiczeń poświęconych ścieżkom klinicznym. Do wzięcia udziału w badaniu zaproszeni byli wszyscy studenci grup dziekanatowych trzeciego roku medycyny. Faktyczna liczba uczestników ankiety wyniosła $n = 170$, co stanowiło 57% ogółu studentów na tym roku medycyny (2008/09). Udział w ankiecie był dobrowolny, anonimowy i przeprowadzony w formie elektronicznej na platformie e-learningowej Blackboard. Ankieta podzielona była na część dotyczącą oceny scenariusza edukacyjnego oraz narzędzia Bit Pathways. Wyniki dotyczące oceny narzędzia dyskutowane były w rozdziale 7.1. W tej części pracy uwaga skierowana będzie na opinie dotyczące programu zajęć. Rozpatrywana część ankiety złożona była z dziewięciu pytań w pięciostopniowej skali Likerta [115]. Wyniki ankiety przedstawiono w tabeli 29.

Tab. 29. Wyniki ankiet w roku akademickim 2008/09

#	Pytanie	n	L=1	L=2	L=3	L=4	L=5	$\bar{x}$	s
1	Samodzielne opracowanie ścieżki klinicznej pomogło mi lepiej zrozumieć treść przedstawioną w przydzielonym mi artykule	163	4%	7%	22%	50%	17%	3,71	0,96
2	Stosowanie ścieżek klinicznych przyspiesza moim zdaniem naukę procedur medycznych	170	2%	9%	17%	51%	20%	3,77	0,95
3	Stosowanie ścieżek klinicznych jest dobrym sposobem na przypomnienie sobie już posiadanych wiadomości	169	2%	4%	15%	48%	31%	4,02	0,89
4	Po raz pierwszy o ścieżkach klinicznych usłyszałam/usłyszałem na ćwiczeniach z Telemedycyny	169	12%	15%	7%	21%	46%	3,74	1,46
5	Uważam, że to dobry pomysł by uczyć o ścieżkach klinicznych na zajęciach z Telemedycyny	170	2%	6%	25%	45%	22%	3,79	0,92
6	Chciałabym/Chciałbym by ścieżki kliniczne stosowane były w polskich szpitalach jako materiał pomocniczy dla nowych pracowników	158	25%	28%	17%	23%	6%	2,56	1,25
7	Tworzyłam/tworzyłem już wcześniej podobne schematy by ułatwić sobie naukę	170	6%	12%	31%	44%	6%	3,31	0,99
8	Uważam, że temat ścieżek klinicznych jest zbyt trudny dla studentów trzeciego roku medycyny	168	27%	36%	15%	13%	9%	2,40	1,26

Legenda: L = 1 – Zdecydowanie nie, L = 2 – Raczej nie, L = 3 – Ani tak, ani nie, L = 4 – Raczej tak, L = 5 – Zdecydowanie tak,

$\bar{x}$ – średnia arytmetyczna, s – odchylenie standardowe, n – liczba studentów biorących udział w ankiecie.

Omawiając te wyniki warto odnotować co następuje:

Znaczna większość ankietowanych (67%) zgodziła się ze stwierdzeniem, iż samodzielne opracowanie ścieżki pomogło im w lepszym zrozumieniu treści artykułu (tylko 11% nie zgodziło się z tą tezą). Jeszcze więcej studentów zgodziło się ze zdaniem, iż stosowanie ścieżek klinicznych przyspiesza naukę procedur medycznych (odpowiednio 71% zgadzających się w porównaniu z 11% sprzeciwiających się). Najlepsze rezultaty w porównaniu też dotyczących wykorzystania ścieżek klinicznych uzyskano dla propozycji przypominania sobie już posiadanych wiadomości za pomocą ścieżek (79% za, 6% przeciw). Zagadnienia związane z budową ścieżek klinicznych były dla większości studentów tematyką nową (67%), ale przeważnie dobrze przyjętą (67% studentów uważało temat ćwiczeń za dobry pomysł, 63% nie uważało tych ćwiczeń za zbyt trudne). Tworzenie podobnych do ścieżek klinicznych schematów graficznych stosowane było przez 50% studentów (ale aż 31% było niezdecydowanych, co świadczyć może o niezbyt precyzyjnym wyjaśnieniu pytania). Przedstawione w ramach ćwiczeń artykuły naukowe dostarczyły dla 44% studentów przydatnej wiedzy, 17% było przeciwnego zdania, 37% było niezdecydowanych. Możliwym wyjaśnieniem tego braku zdecydowanej opinii może być to, iż część artykułów była interesująca ale np. zbyt trudna w zrozumieniu dla studentów trzeciego roku medycyny. Ciekawy wynik uzyskano badając stosunek studentów do propozycji wykorzystania ścieżek w polskich szpitalach jako materiału pomocniczego dla szkolenia

nowych pracowników (29% za, aż 53% przeciw). Jest to o tyle dziwne, iż w pytaniach mówiących o przydatności ścieżek studenci wypowiadali się o nich bardzo pozytywnie. Możliwe, że przeważała tu obawa przed zbyt dużym odhumanizowaniem procesu szkolenia w szpitalach.

8.3.1.2. Rok 2009/10 – Trzeci rok medycyny studenci polskojęzyczni

Po zachęcającym przebiegu ćwiczeń wg scenariusza drugiego (przedstawionego w punkcie 3.3.2) przeprowadzonych w roku akademickim 2008/09 zdecydowano by kontynuować te zajęcia również w kolejnym roku. Na ostatnich ćwiczeniach przedmiotu Telemedycyna II (grudzień 2009) zorganizowano ankietę identyczną do tej przeprowadzonej rok wcześniej by zweryfikować powtarzalność uzyskanych wyników. Ankietą objęci byli wszyscy studenci trzeciego roku medycyny, badanie było anonimowe, dobrowolne i przeprowadzone w formie elektronicznej (na platformie Blackboard). W badaniu zdecydowało się wziąć udział $n = 136$ studentów, co stanowi 47% ogółu studentów trzeciego roku (2009/10). Wyniki przedstawiono w tabeli 30.

Porównanie wyników ankiet z lat akademickich 2008/09 i 2009/10 przeprowadzono w tabelki 31. Zestawienie opinii dotyczących możliwych scenariuszy wykorzystania ścieżek (pytania 1-3) dało dość dużą zbieżność wyników. Wspólnym była również innowacyjność tematu ścieżek klinicznych w opinii respondentów (pytanie 4). W pozostałych pytaniach zaobserwowano statystycznie istotne różnice w porównaniu do wyników z wcześniejszego badania. Widać, iż po upływie roku opinia na temat ćwiczeń stała się jeszcze bardziej pozytywna niż było to w roku akademickim 2008/09: więcej osób uważało ćwiczenia za dobry pomysł (d -Cohena = 0,47), więcej osób chciało wdrożenia ścieżek w praktyce szpitalnej ($d = 1,26$) oraz nie uważało tematu za zbyt trudny dla trzeciego roku ($d = -0,48$). Co ciekawe, mniej studentów niż w roku 2008/09 samodzielnie wykorzystywało wcześniej podobne schematy by ułatwić sobie naukę ($d = -0,66$). Możliwą interpretacją wyników jest to, iż z jednej strony pomysł ścieżek klinicznych jest coraz lepiej znany w polskich szpitalach (na podstawie obserwacji poczynionych w zagranicznych jednostkach służby zdrowia), a w związku z czym dociera również pośrednio do świadomości studentów jako metoda o przydatności praktycznej. Z drugiej strony, w ramach zajęć z podstaw informatyki raczej odchodzi się od praktyki tworzenia diagramów decyzyjnych, co może stanowić lukę edukacyjną, którą dobrze jest uzupełnić poprzez tego rodzaju ćwiczenia.

Tab. 30. Wyniki ankiet w roku akademickim 2009/10

#	Pytanie	n	L=1	L=2	L=3	L=4	L=5	$\bar{x}$	s
1	Samodzielne opracowanie ścieżki klinicznej pomogło mi lepiej zrozumieć treść przedstawioną w przydzielonym mi artykule	136	1%	12%	18%	57%	13%	3,69	0,87
2	Stosowanie ścieżek klinicznych przyspiesza moim zdaniem naukę procedur medycznych	136	1%	7%	13%	57%	23%	3,93	0,87
3	Stosowanie ścieżek klinicznych jest dobrym sposobem na przypomnienie sobie już posiadanych wiadomości	133	2%	2%	11%	55%	31%	4,11	0,82
4	Po raz pierwszy o ścieżkach klinicznych usłyszałam/usłyszałem na ćwiczeniach z Telemedycyny	135	12%	23%	6%	20%	39%	3,52	1,49
5	Uważam, że to dobry pomysł by uczyć o ścieżkach klinicznych na zajęciach z Telemedycyny	136	1%	3%	7%	51%	38%	4,20	0,81
6	Chciałabym/Chciałbym by ścieżki kliniczne stosowane były w polskich szpitalach jako materiał pomocniczy dla nowych pracowników	136	4%	2%	15%	48%	31%	3,99	0,97
7	Tworzyłam/tworzyłem już wcześniej podobne schematy by ułatwić sobie naukę	133	23%	30%	19%	21%	7%	2,58	1,24
8	Uważam, że temat ścieżek klinicznych jest zbyt trudny dla studentów trzeciego roku medycyny	135	39%	41%	15%	4%	1%	1,87	0,88

Legenda: L = 1 – Zdecydowanie nie, L = 2 – Raczej nie, L = 3 – Ani tak, ani nie, L = 4 – Raczej tak, L = 5 – Zdecydowanie tak,

$\bar{x}$ – średnia arytmetyczna, s – odchylenie standardowe, n – liczba studentów biorących udział w ankiecie.

Nowym elementem w ankiecie przeprowadzonej w grudniu 2009 było pytanie o wystarczającą ilość czasu przeznaczoną na ćwiczenia. W ramach scenariusza zakłada się, iż studenci wybiorą temat ścieżki i artykuł źródłowy na tydzień przed właściwymi ćwiczeniami. W ramach tygodnia przeczytają artykuł, a następnie w ciągu 90 minutowych ćwiczeń utworzą w grupach dwuosobowych z wykorzystaniem programu Bit Pathways stosowną ścieżkę. Pomimo tego większość studentów określiła dostępny czas za wystarczający (70% za, podczas gdy przeciwnego zdania było 19% studentów).

Tab. 31. Porównanie wyników ankiet w latach akademickich 2008/09 i 2009/10.

Pytanie	Rok		2008/2009		2009/2010		Istotność	W.efk.
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	p	d
1. Samodzielne opracowanie ścieżki klinicznej pomogło mi lepiej zrozumieć treść przedstawioną w przydzielonym mi artykule	3,71	0,96	3,69	0,87	0,78			-0,02
2. Stosowanie ścieżek klinicznych przyspiesza moim zdaniem naukę procedur medycznych	3,77	0,95	3,93	0,87	0,15			0,17
3. Stosowanie ścieżek klinicznych jest dobrym sposobem na przypomnienie sobie już posiadanych wiadomości	4,02	0,89	4,11	0,82	0,43			0,10
4. Po raz pierwszy o ścieżkach klinicznych usłyszałam/usłyszałem na ćwiczeniach z Telemedycyny	3,74	1,46	3,52	1,49	0,20			-0,15
5. Uważam, że to dobry pomysł by uczyć o ścieżkach klinicznych na zajęciach z Telemedycyny	3,79	0,92	4,20	0,81	<0,01			<u>0,47</u>
6. Chciałabym/Chciałbym by ścieżki kliniczne stosowane były w polskich szpitalach jako materiał pomocniczy dla nowych pracowników	2,56	1,25	3,99	0,97	<0,01			<u>1,26</u>
7. Tworzyłam/tworzyłem już wcześniej podobne schematy by ułatwić sobie naukę	3,31	0,99	2,58	1,24	<0,01			<u>-0,66</u>
8. Uważam, że temat ścieżek klinicznych jest zbyt trudny dla studentów trzeciego roku medycyny	2,40	1,26	1,87	0,88	<0,01			<u>-0,48</u>

$\bar{x}$ – średnia arytmetyczna, s – odchylenie standardowe, p – poziom istotności, d – wielkość efektu (d-Cohena)

Wyniki oceny poszczególnych tematów zaproponowanych studentom przedstawia tabela 31. Tematy pokrywają się z tymi przedstawionymi w roku akademickim 2008/09 z jednym wyjątkiem tematu T1.3, który wcześniej dotyczył diagnostyki i terapii pokrzywki przewlekłej, natomiast ze względu na sugestie studentów zastąpiony został nowym tekstem dotyczącym wypadania pępownicy. Wyniki pokazują duży rozrzut w ocenach przydatności (między 4,25 dla tematu T1.1, do 2,93 dla tematu T1.4).

Tab. 32. Opinie studentów na temat przydatności artykułów jako źródła wiedzy do tworzenia ścieżek klinicznych (uporządkowane wg malejących wartości oceny).

Temat	Pełna nazwa	Źródło	n	Przydatność
T1.1	Nadciśnienie tętnicze odporne	[181]	16	4,25
T1.5	Cukrzyca typu 1	[54]	17	3,76
T1.2	Alergiczny nieżyt nosa	[149]	20	3,75
T1.8	Nadciśnienie tętnicze u kobiet ciężarnych	[53]	18	3,72
T1.3	Wypadanie pępownicy	[145]	18	3,47
T1.7	Migrena	[139]	17	3,24
T1.6	Bezsennność	[179]	15	3,13
T1.4	Rak piersi w starszym wieku	[110]	15	2,93

Do ankiety dodane zostały również pytania swobodnego formatu (ang. *freetext*) pozwalające w bardziej elastyczny sposób ocenić przeprowadzone ćwiczenia. Pełną listę wypowiedzi umieszczono w aneksie 10.4.2. W komentarzach dominowały pozytywne opinie na temat ćwiczeń. Według jednej z wypowiedzi były to nawet ćwiczenia, które „*najbardziej (...) podobały [się] ze wszystkich*” w ramach przedmiotu Telemedycyna. Jeden ze studentów zauważył, iż ćwiczenia stanowią pewien rodzaj symulacji procesu diagnostyki medycznej („*(...) zabawy w lekarza diagnostę*”). Do najczęściej wymienianych mankamentów zaliczyć można uwagi dotyczące poziomu trudności niektórych tekstów medycznych podlegających wizualizacji oraz krytykę ograniczeń czasowych ćwiczeń. Bardzo dobrego podsumowania całego ćwiczenia dokonała jedna z osób we wpisie zamieszczonym w ogólnych uwagach do całej ankiety. Poniżej przytoczono całą wypowiedź:

- „*Do pytania (6) - sądzę, że studenci trzeciego roku nie posiadają najczęściej wiedzy i doświadczenia z medycznej praktyki klinicznej, toteż nie mogą miarodajnie ocenić przydatności ścieżek klinicznych w szpitalach. Do pytania (8) - co wiąże się z powyższym: temat ścieżek nie jest zbyt trudny, ale raczej abstrakcyjny. Dotychczas uczymy się teorii, a nie postępowania i podejmowanych decyzji. Jednak omawianie tego tematu na III roku jest słuszne, jako że z wiedzą na ten temat przystąpimy do nauki na klinikach na IV roku, co może być pomocne. Do pytania (2) - sporządzenie ścieżki klinicznej na podstawie artykułu było czasochłonne, więc samodzielne ich tworzenie nie jest, moim zdaniem, przydatne w samodzielnej nauce. Co innego załączanie ścieżek do publikacji.*”

8.3.1.3. Rok 2009/2010 – Pierwszy rok medycyny studenci obcojęzyczni

Pozytywne opinie o ćwiczeniach, aktualność tematu oraz przystosowanie do pracy w wielu językach programu Bit Pathways sprawiło, iż program został również wdrożony w toku studiów działającej przy Uniwersytecie Jagiellońskim Szkoły Medycznej dla Obcokrajowców (program 6-letni). Możliwości wdrożenia scenariusza było jeszcze mniej niż w przypadku studiów polskojęzycznych, gdyż w programie są tylko dwie okazje, w których studenci uczestniczą w zajęciach Zakładu Bioinformatyki i Telemedycyny. Są nimi pierwszy rok na zajęciach z przedmiotu Podstawy Informatyki I (10 spotkań po 3 godziny lekcyjne) oraz drugi rok na zajęciach z przedmiotu Podstawy Informatyki II (5 spotkań po 3 godziny lekcyjne). Ze względu na wcześniejsze ustalenia mówiące o tym, iż druga część zajęć z informatyki przeznaczona jest w całości na naukę obsługi komputerowych pakietów statystycznych, podjęto decyzję o wprowadzeniu ćwiczeń już na pierwszym roku medycyny.

Wdrożenie ścieżek klinicznych do programu zajęć zbiegło się w czasie z inną modyfikacją toku nauki polegającą na wprowadzeniu jako projekt końcowy prezentacji samodzielnie wykonanej przez studenta strony typu Wiki poświęconej wybranemu (z zaproponowanej listy) tematowi dotyczącemu zagadnień informatyki medycznej. Okazja ta dała sposobność porównania scenariusza nauki polegającego na tworzeniu ścieżek klinicznych z innym scenariuszem angażującym nowe techniki informacyjne i wymagającym samodzielnej pracy studenckiej. Ankietę ewaluacyjną przeprowadzono na ostatnich ćwiczeniach w semestrze

(kwiecień 2010). Badanie było anonimowe, dobrowolne i zrealizowane elektroniczne. W ankiecie wzięło udział 44 studentów (co stanowi 57% ogółu studentów na pierwszym roku).

Tab. 33. Porównanie stopnia akceptacji scenariusza polegającego na tworzeniu ścieżki klinicznej ze scenariuszem budowy strony Wiki w roku akademickim 2009/10 przeprowadzone wśród studentów obcojęzycznych pierwszego roku medycyny (program 6-letni).

#	Pytanie	n	L=1	L=2	L=3	L=4	L=5	$\bar{x}$	s
1	Uważam, że to dobry pomysł by uczyć tworzenia <u>ścieżek klinicznych</u> na zajęciach z Podstaw Informatyki	40	5%	8%	23%	<u>53%</u>	13%	3,60	0,98
	Uważam, że to dobry pomysł by uczyć tworzenia <u>stron Wiki</u> na zajęciach z Podstaw Informatyki	44	5%	20%	9%	<u>50%</u>	16%	3,52	1,13

Legenda: L = 1 – Zdecydowanie nie, L = 2 – Raczej nie, L = 3 – Ani tak, ani nie, L = 4 – Raczej tak, L = 5 – Zdecydowanie tak, $\bar{x}$ – średnia arytmetyczna, s – odchylenie standardowe, n – liczba studentów biorących udział w ankiecie.

W badaniu uzyskano bardzo zbliżoną ocenę trafności pomysłu użycia ścieżek klinicznych i stron Wiki (Tab. 33) jako elementu zajęć z podstaw informatyki dla studentów medycyny ($p = 0,95$ w teście U Manna-Whitneya). Dokładnie taki sam procent studentów uważał to za dobry pomysł (66%) natomiast Wiki miało więcej przeciwników niż ścieżki kliniczne (25% dla Wiki, przy 13% osób wypowiadających się negatywnie o pomysle wprowadzenia ścieżek). Wynik można uznać za bardzo pozytywny z perspektywy oceny ścieżek klinicznych jeśli uwzględni się dużą popularność jaką obecnie cieszą się systemy Wiki w Internecie. Niższa wartość oceny wdrożenia ścieżek wśród studentów obcojęzycznych w porównaniu z pierwszym rokiem wdrożenia tego scenariusza dla studentów polskojęzycznych (3,60 vs. 3,74) może być uznana za przypadkową ($p = 0,31$). Istotna różnica występuje w przypadku porównania z drugim rokiem wdrożenia (3,60 vs. 4,20). Porównania takie mogą jednak być pozbawione uzasadnienia, ze względu na duże różnice kulturowe, jakie obserwowane są w praktyce pomiędzy studentami polskojęzycznymi i obcojęzycznymi, a także to, że badania prowadzone były na innym roku studiów, przez co studenci mieli wyraźnie inne przygotowanie z innych (niż informatyka czy telemedycyna) przedmiotów.

Tab. 34. Porównanie wcześniejszych doświadczeń w budowie diagramów blokowych i stron Wiki w roku akademickim 2009/10 wśród studentów obcojęzycznych pierwszego roku medycyny (program 6-letni)

#	Pytanie	<i>n</i>	<i>L=1</i>	<i>L=2</i>	<i>L=3</i>	<i>L=4</i>	<i>L=5</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>
2	Tworzył(-am/-em) wcześniej <u>diagramy blokowe</u>	40	<u>60%</u>	8%	5%	25%	3%	2,03	1,39
	Tworzył(-am/-em) wcześniej <u>strony Wiki</u>	44	<u>77%</u>	9%	2%	9%	2%	1,50	1,07

Legenda: *L* = 1 – Zdecydowanie nie, *L* = 2 – Raczej nie, *L* = 3 – Ani tak, ani nie, *L* = 4 – Raczej tak, *L* = 5 – Zdecydowanie tak,
 $\bar{x}$ – średnia arytmetyczna, *s* – odchylenie standardowe, *n* – liczba studentów biorących udział w ankiecie.

Dane przedstawione w tabeli 34 zdają się sugerować, iż tworzenie stron Wiki jest większą nowością dla studentów niż tworzenie diagramów blokowych (diagramy blokowe tworzyło 28% w porównaniu do 11% tworzących wcześniej strony Wiki) ale nie udało się wykazać statystycznej istotności tej różnicy ($p = 0,07$ w teście U Manna-Whitneya).

Tab. 35. Porównanie opinii dotyczących stopnia trudności budowy ścieżek klinicznych i stron Wiki w roku akademickim 2009/10 wśród studentów obcojęzycznych pierwszego roku medycyny (program 6-letni)

#	Pytanie	<i>n</i>	<i>L=1</i>	<i>L=2</i>	<i>L=3</i>	<i>L=4</i>	<i>L=5</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>
3	Tworzenie <u>ścieżek</u> było dla mnie trudnym zadaniem	40	8%	20%	<u>38%</u>	23%	13%	3,13	1,11
	Tworzenie <u>strony Wiki</u> było dla mnie trudnym zadaniem	43	16%	<u>49%</u>	23%	12%	0%	2,30	0,89

Legenda: *L* = 1 – Zdecydowanie nie, *L* = 2 – Raczej nie, *L* = 3 – Ani tak, ani nie, *L* = 4 – Raczej tak, *L* = 5 – Zdecydowanie tak,
 $\bar{x}$ – średnia arytmetyczna, *s* – odchylenie standardowe, *n* – liczba studentów biorących udział w ankiecie.

Zaobserwowano jednak statystycznie istotną różnicę w ocenie poziomu trudności poszczególnych zadań (Tab. 35). Tworzenie ścieżki było trudne dla 36% studentów, tworzenie stron Wiki było trudne dla 12% studentów ($p < 0,01$ w teście Test U Manna-Whitneya, $d = 0,30$).

Tab. 36. Pozostałe pytania z ankiety dotyczącej ścieżek klinicznych przeprowadzonej w roku akademickim 2009/10 wśród studentów obcojęzycznych pierwszego roku medycyny (program 6-letni)

#	Pytanie	n	L=1	L=2	L=3	L=4	L=5	$\bar{x}$	s
4	Samodzielne opracowanie ścieżki klinicznej pomogło mi lepiej zrozumieć treść przedstawioną w przydzielonym mi artykule	40	8%	18%	28%	40%	8%	3,23	1,07
5	Praca w grupie 2-3 osobowej nad ścieżką kliniczną jest łatwiejsza niż samodzielna praca	39	3%	8%	13%	36%	41%	4,05	1,05

Legenda: L = 1 – Zdecydowanie nie, L = 2 – Raczej nie, L = 3 – Ani tak, ani nie, L = 4 – Raczej tak, L = 5 – Zdecydowanie tak,

$\bar{x}$ – średnia arytmetyczna, s – odchylenie standardowe, n – liczba studentów biorących udział w ankiecie.

W tabeli 36 przedstawiono pozostałe pytania z ankiety dotyczące ćwiczeń ze ścieżek. 48% studentów uważało, iż samodzielne opracowanie ścieżki pomogło im lepiej zrozumieć treść przedstawioną w artykule (26% było przeciwnego zdania). Różnice w porównaniu z opiniami studentów polskojęzycznych, podobnie jak w przypadku poprzednich pytań, mogą mieć podłoże kulturowe albo wynikać z umiejscowienia w toku studiów. Studentom podobiała się praca w grupie i preferują ją w porównaniu z samodzielną pracą (77% za, 11% przeciw).

Stopień trudności ćwiczeń starano się obniżyć poprzez lepszy dobór artykułów przeznaczonych na potrzeby ćwiczeń. Analogiczne do ankiety przeprowadzonej wśród studentów polskojęzycznych dokonano oceny przydatności poszczególnych tematów (Tab. 37). Wyniki sugerują poprawę (mniejszy rozstęp wyników w porównaniu do wyników z tabeli 32, wyższa średnia). Mała liczba odpowiedzi w ankiecie może jednak sprawiać, iż ocena ta nie jest miarodajna.

Tab. 37. Opinie studentów na temat przydatności artykułów jako źródła wiedzy do tworzenia ścieżek klinicznych (uporządkowane wg malejących wartości oceny)

Temat	Pełna nazwa	Źródło	n	Przydatność
T2.3	Osteoporoza	[6]	4	4,25
T2.2	Przewlekłe wirusowe zapalenie wątroby typu B	[117]	5	3,80
T2.6	Migrena	[77]	5	3,60
T2.7	Mononukleozą	[4]	5	3,60
T2.1	Borelioza	[174]	7	3,57
T2.5	Zapalenie cewki moczowej	[64]	7	3,43
T2.4	Włośienica	[52]	5	3,40

Studenci biorący udział w ankiecie mieli również możliwość swobodnej wypowiedzi na temat wad i zalet ścieżek. Uzyskane komentarze zamieszczono w aneksie 10.4.2. Wśród zalet scenariusza dostrzeżono, iż ścieżki są ciekawym i angażującym sposobem na podsumowanie informacji z publikacji naukowych oraz, że

ćwiczenia stwarzają interesujący sposób nauki o stosowanych w praktyce szpitalnej rzeczywistych ścieżkach klinicznych. Jeden z uczestników badania ujął to następującymi słowami:

- [Creation of clinical pathways...] *“makes one have to get deeply involved in the text that is read and to understand treatment etc. Also helps us see strengths and weaknesses of flowcharts if one encounters them later”*

Wśród wad ćwiczeń kilka osób wymieniło zbyt wczesne umiejscowienie scenariusza w toku studiów, czasochłonność zadania oraz trudności w zrozumieniu artykułów. Były głosy krytykujące całą ideę ścieżek klinicznych. Pojawiły się również uwagi techniczne, które były już omawiane w rozdziale 7.

8.3.2. Ocena retencji wiedzy

Test retencji wiedzy przeprowadzony został średnio miesiąc po wykonaniu projektu ścieżki klinicznej. Test ten połączony był z ankietą oceniającą ćwiczenia omówioną w punkcie 8.3.1.3. Celem testu było sprawdzenie czy tworzenie ścieżki pozostawia po sobie wiedzę medyczną. Istnieje bowiem obawa, że przygotowanie ścieżki może być wykonane automatycznie bez utrwalenia wiedzy. Eksperyment przeprowadzony był na ostatnich ćwiczeniach z przedmiotu „Podstawy Informatyki” dla studentów Szkoły Medycznej dla Obcokrajowców CM UJ. Ankieta dostępna była w formie elektronicznej jako odsyłacz z poziomu platformy Blackboard, zrealizowana została jednak jako osobna aplikacja napisana przez autora pracy. Test składał się z sześciu ekranów. Na pierwszym student podawał swoje dane personalne (płeć, wiek), drugi ekran zawierał pytania ankietowe dotyczące projektu Wiki (omawiane w 8.3.1.3), trzeci ekran zawierał pytania dotyczące oceny ćwiczeń nt. ścieżek klinicznych (omawiane w 8.3.1.3), czwarty ekran wymagał podania tematu, który się realizowało jako ścieżkę kliniczną oraz ocenę przydatności artykułu w realizacji ścieżki (też omawiane w 8.3.1.3). Ekran piąty wyświetlał sześć pytań z tematu wybranego przez studenta do realizacji ścieżki. Na ostatnim szóstym ekranie przedstawionych było sześć pytań z wylosowanego tematu innego niż na ekranie piątym. Treść pytań przedstawiona jest w załączniku trzecim. Pytania były typu testowego, jednokrotnego wyboru (cztery możliwości, jedna poprawna odpowiedź). Studenci proszeni byli o szybkie i spontaniczne odpowiedzi zgodne z aktualnym stanem wiedzy, bez konsultowania się z kolegami ani wyszukiwania informacji w Internecie. Za każdą poprawną odpowiedź można było otrzymać 1 punkt (co dawało maksymalnie 6 punktów w każdym z tematów).

Średnia liczba punktów zdobyta w grupie eksperymentalnej i kontrolnej przedstawiona jest w tabeli 38. Ze względu na brak spełnienia założeń rozkładu normalnego (test Shapiro-Wilka $W = 0,92$; $p = 0,01$ dla grupy eksperymentalnej) istotność różnicy wyników między grupą eksperymentalną, a kontrolną sprawdzona została testem nieparametrycznym U Manna-Whitneya ($p < 0,01$, $d = 0,82$). Wykazano tym istotną statystycznie różnicę w poziomie wiedzy między grupą tworzącą ścieżki kliniczne w danym temacie a grupą kontrolną.

Tab. 38. Porównanie wyników testu wiedzy w grupie tworzącej ścieżkę kliniczną i grupie kontrolnej w roku akademickim 2009/10. Średnia liczba punktów wiedzy badana miesiąc po wykonaniu zadania.

		Poprawność [0-6pkt]			
	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Eksperymentalna	37	3,32	1,53	<0,01	0,82
Kontrolna	33	2,15	1,03		

Legenda: *n* – liczność grupy, $\bar{x}$ – średnia arytmetyczna, *s* – odchylenie standardowe, *p* – wartość dla testu U Manna-Whitneya,

d – wielkość efektu wg *d*-Cohena

Analiza różnicy wyników w poszczególnych tematach ze względu na małą wielkość próbki losowej ma znikomą wartość (wyniki w tabeli 39).

Tab. 39. Porównanie wyników testu wiedzy w grupie tworzącej ścieżkę kliniczną i grupie kontrolnej średnia przeprowadzone w roku akademickim 2009/10 miesiąc po wykonaniu zadania (podział na poszczególne tematy).

Temat	Pełna nazwa	<i>n_e</i>	$\bar{x}_e$	<i>n_k</i>	$\bar{x}_k$
T2.1	Borelioza	6	4,00	3	2,00
T2.2	Przewlekłe wirusowe zapalenie wątroby typu B	5	1,80	5	2,40
T2.3	Osteoporoza	4	3,00	6	2,17
T2.4	Włosienica	5	3,40	5	1,40
T2.5	Zapalenie cewki moczowej	7	3,71	2	2,00
T2.6	Migrena	5	3,20	7	2,14
T2.7	Mononukleoz	5	3,80	5	2,80

Legenda: *n_e* – liczba odpowiedzi w grupie eksperymetalnej, $\bar{x}_e$ – średnia liczba punktów w teście wiedzy w grupie eksperymetalnej, *n_k* – liczba odpowiedzi w grupie kontrolnej, $\bar{x}_k$ – średnia liczba punktów w teście wiedzy w grupie kontrolnej

Uzyskane wyniki podane są wyłącznie w celach orientacyjnych jednak sugerują, iż nie wszystkie tematy równie dobrze zostały zapamiętane. Dotyczy to w szczególności tematu T2.2 poświęconego przewlekłemu wirusowemu zapaleniu wątroby typu B. W subiektywnym odczuciu autora był to najtrudniejszy temat ze wszystkim siedmiu oferowanych studentom w tym roku i wykorzystywanie go na ćwiczeniach powinno być zaniechane. Ciekawym jest jednak fakt, iż nie odzwierciedlają tej opinii oceny przydatności tematu dokonane przez studentów (Tab. 37), w których temat HBV uzyskał drugą w kolejności punktację. Może być to jednak w prosty sposób wyjaśnione małą wielkością próbek losowych odpowiadających poszczególnym tematom.

8.4. Doświadczalne porównanie scenariusza 1 i 2

8.4.1. Wprowadzenie

Istnieje powszechne przekonanie, że dobre opanowanie nowego materiału przez studentów wymaga od nich gruntownych, szczegółowych i dokładnych przemyśleń. Im intensywniejsza praca intelektualna jest związana z uczeniem się, tym lepsze i trwalsze są jego wyniki. Mówi o tym między innymi opracowana w 1972 roku przez Fergusona I. M. Craika and Roberta S. Lockharta teoria poziomów przetwarzania [31]. Według tej teorii trwałość zapamiętywania wiedzy zależy od głębi procesów intelektualnych związanych z jej nabywaniem. Wiedza zdobyta na poziomie przekształceń semantycznych jest dużo trwalsza niż wiedza zdobyta na poziomie powtarzania akustycznego czy wizualnego. Logiczne wydaje się zatem przypuszczenie, że studenci, którzy tworzą własne ścieżki na podstawie tekstu artykułu, przekształcając jedną formę prezentacji wiedzy w inną (tak, jak to zakłada scenariusz 2, opis 3.3.2 i 8.3), właśnie ze względu na to, iż zadanie jest bardziej wymagające intelektualnie, powinni więcej się nauczyć niż studenci, którzy mechanicznie przeglądają gotowe ścieżki (scenariusz 1, opis 3.3.1 i 8.2). To przypuszczenie poddane zostało empirycznej weryfikacji w dwóch eksperymentach, przeprowadzonych przez autora z udziałem studentów medycyny zaangażowanych w pracę kół naukowych chirurgii oraz anestezjologii Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego.

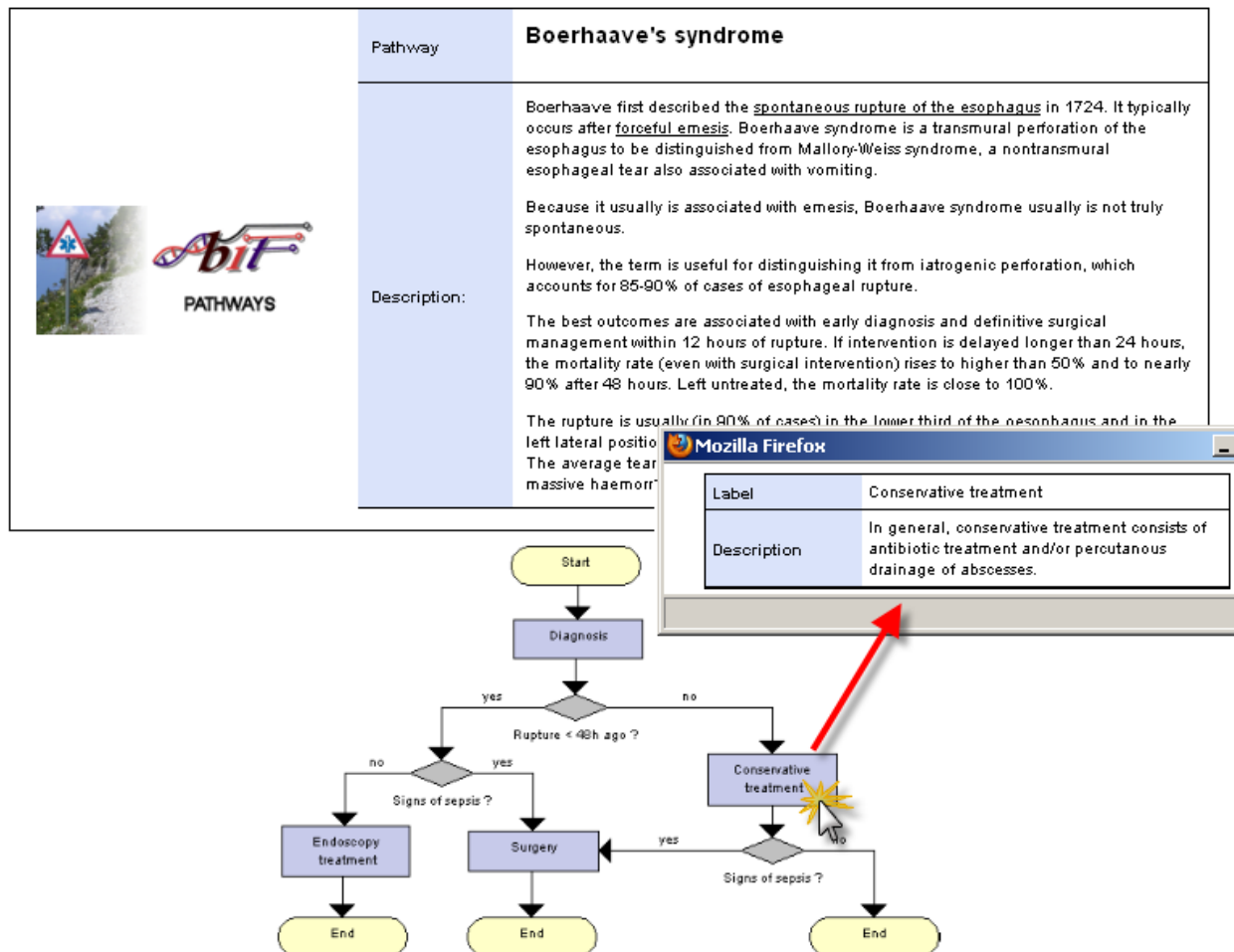
8.4.2. Eksperyment „Zespół Boerhaavego”

Tematem eksperymentu przeprowadzonego ze studentami koła naukowego chirurgii (działającego pod opieką dra Jakuba Keniga) był „Zespół Boerhaavego”, czyli samoistne pełnościenne pęknięcie przełyku wskutek intensywnych wymiotów. Zbyt późne rozpoznanie lub brak prawidłowego leczenia pacjenta z tym zespołem w większości przypadków kończy się śmiercią. Z tego względu zapamiętanie przez studentów algorytmu postępowania przy podejrzeniu zespołu Boerhaavego jest niezwykle istotne.

8.4.2.1. Sposób przeprowadzenia eksperymentu

Wszyscy studenci biorący udział w eksperymencie poproszeni zostali o rozwiązanie testu wstępnego bezpośrednio przed rozpoczęciem zajęć. Następnie według własnych preferencji dobrali się w grupy dwuosobowe, a pary te w sposób losowy przyporządkowane zostały do dwóch grup eksperymentalnych: grupa A – osoby uczące się według pierwszego scenariusza (nauka z wykorzystaniem gotowej interaktywnej ścieżki klinicznej), grupa B – osoby uczące się według drugiego scenariusza (nauka przez samodzielne tworzenie ścieżki klinicznej). Wszyscy studenci zostali poproszeni o przeczytanie tego samego artykułu naukowego (w języku angielskim) na temat zespołu Boerhaavego [150]. Artykuł został nieznacznie zmodyfikowany przez wycięcie ilustracji przedstawiającej algorytm właściwego postępowania, przygotowanego przez autorów pracy, oraz uzupełnienie tekstu o kilka zdań rekompensujących brak rysunku.

Grupie A udostępniono interaktywną ścieżkę kliniczną utworzoną na podstawie rysunku z artykułu oraz wyposażoną w zaczerpnięte bezpośrednio z artykułu opisy słowne elementów diagramu (Rys. 48). Ścieżka zawierała 4 rekomendacje czynności oraz 3 elementy decyzyjne. Opis słowny składał się z 1750 słów. Zadaniem studentów było odnalezienie w tekście artykułu rekomendacji z algorytmu.



Rys. 48. Ścieżka kliniczna przygotowana przez eksperta, przedstawiająca zalecane postępowanie w zespole Boerhaavego

Zadaniem grupy B było samodzielne utworzenie ścieżki na podstawie przeczytanego artykułu. Studenci mieli doświadczenie z obsługą programu Bit Pathways wynikające z wcześniejszego wykonywania przy jego pomocy ćwiczeń z przedmiotu Telemedycyna, prowadzonych na trzecim roku studiów. Dodatkowo, udostępniona została studentom przykładowa ścieżka utworzona w programie Bit Pathways, dotycząca postępowania resuscytacyjnego w szpitalu (wg wytycznych Europejskiej Rady Resuscytacji z roku 2010 [38]), oraz film w formacie Adobe Flash (SWF) o tworzeniu ścieżek w programie Bit Pathways.

Studenci mieli na wykonanie swoich zadań nieograniczoną ilość czasu. Po zakończeniu zadania uczestnicy badania indywidualnie wypełniali test wiedzy oraz ankietę oceniającą ćwiczenia. W ankiecie studenci mieli wyrazić stopień swojego poparcia/dezaprobaty dla trzech zdań:

- S1 – zajęcia dostarczyły mi przydatnej wiedzy,
- S2 – podobała mi się forma zajęć,
- S3 – mam poczucie, że dużo się dzisiaj nauczyłam/em,

używając pięciostopniowej skali Likerta [115] (1 – zdecydowanie się nie zgadzam, ..., 5 – zdecydowanie się zgadzam). Utworzone przez studentów w grupie B ścieżki oceniono wg kryteriów opisanych w aneksie 10.5.1, a wynik oceny porównano z wynikami testów wiedzy, poszukując korelacji tych zmiennych.

Około miesiąca po przeprowadzeniu eksperymentu studenci, bez wcześniejszej zapowiedzi, zostali ponownie poproszeni o wypełnienie testu. Oprócz testu wiedzy studenci otrzymali dodatkowe zadanie, polegające na rekonstrukcji prawidłowego algorytmu z losowo ułożonych elementów oryginalnej ścieżki prezentowanej miesiąc wcześniej.

Testy wiedzy przeprowadzane podczas eksperymentu składały się ze zbioru tych samych 12 pytań testowych pojedynczego wyboru (aneks 10.3.3, α -Cronbacha = $0,41 \pm 0,30$). Kolejność prezentowania pytań w każdym teście była odmienna. Ponadto do każdego z testów dodawano pytania dotyczące zespołu Boerhaavego, które miały utrudnić zapamiętywanie przez studentów pytań z poprzednich testów.

8.4.2.2. Wyniki eksperymentu „Zespół Boerhaavego”

Tabela 40 przedstawia krótką charakterystykę osób biorących udział w eksperymencie. Uczestniczyło w nim 21 kobiet i 15 mężczyzn. Większość z nich to słuchacze 4. roku studiów medycznych.

Tab. 40. Struktura demograficzna grup biorących udział w eksperymencie „Zespół Boerhaavego”

	Wszyscy	Grupa A	Grupa B
n (liczba studentów)	36	20	16
Kobiety	21	12	9
Kobiety [%]	58,33%	60,00%	56,25%
Mężczyźni	15	8	7
Mężczyźni [%]	41,67%	40,00%	43,75%
rok (średnia)	3,94	4,00	3,88
rok (3)	8	4	4
rok (4)	22	12	10
rok (5)	6	4	2

Średni czas wymagany na wykonanie ćwiczenia, mierzony od chwili rozpoczęcia testu przed eksperymentem do chwili zakończenia testu po eksperymencie, wynosił w grupie A: 1 godz. 17 min. 16 sek. ($s = 14$ min. 49 sek.), i był w sposób statystycznie istotny krótszy ($p < 0,001$ w teście t-Studenta) od czasu dla grupy B: 1 godz. 48 min. 10 sek. ($s = 15$ min. 41 sek.).

Tabela 41 przedstawia zestawienie wyników trzech przeprowadzonych testów wiedzy. Wyniki testu wiedzy w grupie A i B nie różniły się statystycznie przed eksperymentem. Obie grupy wskutek ćwiczenia w sposób statystycznie istotny powiększyły swoją wiedzę mierzoną jako różnica między testem *pre* (przed rozpoczęciem eksperymentu) i *post* (po rozpoczęciu eksperymentu): $p_A < 0,001$ i $p_B < 0,001$. Grupa A była w sposób statystycznie istotny lepsza od grupy B w teście *follow-up* (przeprowadzonym miesiąc po zakończeniu eksperymentu) $p = 0,03$.

Tab. 41. Wyniki testów wiedzy porównujących scenariusz 1 i 2

		Grupa A	Grupa B	Wartość p
<i>pre</i>	n	18	14	
	$\bar{x}$ [pkt]	4,22	4,21	0,98
<i>post</i>	s	1,66	1,19	
	$\bar{x}$ [pkt]	8,17	7,64	0,41
<i>follow-up</i>	s	1,72	1,78	
	$\bar{x}$ [pkt]	6,94	5,29	0,03*)
	s	2,15	1,77	

pre – przed rozpoczęciem eksperymentu, *post* – po zakończeniu eksperymentu, *follow-up* – miesiąc po zakończeniu eksperymentu; $\bar{x}$ – średnia, s – odchylenie standardowe, n – to liczba studentów w grupie, *) brak spełnienia założeń o normalności rozkładu, różnica istotna statystycznie wg testu nieparametrycznego U Manna-Whitneya, d -Cohena $d = 0,84$

Średnia ocena ścieżek w grupie B wynosiła 11,75 ($s = 2,6$) w 18-punktowej skali. Zauważono silną korelację między wynikiem oceny ścieżki a sumą punktów zdobytą na teście bezpośrednio po przeprowadzeniu eksperymentu (R -Spearmana = 0,75; $p = 0,03$). Tworzone przez grupy studenckie ścieżki były ponad dwukrotnie większe od ścieżki eksperckiej: średnia liczba elementów przedstawiających czynności wynosiła 10,75 węzły ($s = 4,10$), a średnia liczba elementów decyzyjnych 6,13 ($s = 2,90$).

Wyniki ankiety ewaluacyjnej przedstawiono w tabeli 42. Odpowiedź studentów była w obydwu grupach przychylna. Pozytywne zdania dotyczące ćwiczeń zdecydowanie dominowały nad negatywnymi. Trzeba jednak zauważyć, iż opinia była w sposób statystycznie istotny lepsza w grupie A niż w grupie B ($p < 0,05$ w teście U Manna-Whitneya dla wszystkich trzech pytań).

Tab. 42. Wyniki badania satysfakcji z ćwiczeń w grupach doświadczalnych

		Grupa A	Grupa B	Wartość p
	n	20	16	
$\overline{S1}$	$\bar{x}$ [pkt]	4,95	4,50	0,01*)
	s	0,22	0,63	
$\overline{S2}$	$\bar{x}$ [pkt]	4,80	4,19	0,04*)
	s	0,41	1,05	
$\overline{S3}$	$\bar{x}$ [pkt]	4,65	4,06	0,02*)
	s	0,41	1,05	

$S1$ – zajęcia dostarczyły mi przydatnej wiedzy; $S2$ – podobała mi się forma zajęć; $S3$ – mam poczucie, że się dzisiaj dużo nauczyłam/em; ($S1$ – $S3$ min. 1 max. 5, skala Likerta); $\bar{x}$ – średnia, s – odchylenie standardowe, n – to liczba studentów w grupie, wartość p w teście U Manna-Whitneya, *) różnica istotna statystycznie

Wyniki eksperymentu polegającego na rekonstrukcji oryginalnego algorytmu z dostarczonych studentom elementów prezentuje tabela 43. Zrekonstruowane ścieżki dzielone były na dwie kategorie: ścieżki poprawne – odpowiadały znaczeniowo ścieżce oryginalnej lub zawierały drobne, niegroźne dla pacjenta nieścisłości oraz ścieżki niepoprawne – prezentowały algorytm, którego wykonanie mogło zaszkodzić pacjentowi. Nie jest zaskoczeniem, że studenci z grupy A znacznie lepiej potrafili zrekonstruować oryginalną ścieżkę niż studenci z grupy B (dokładny test Fishera, FET, $p = 0,01$). Niepokojący jest jednak duży współczynnik poważnych błędów popełnianych przez studentów w grupie B.

Tab. 43. Powodzenie w rekonstrukcji oryginalnej ścieżki

	Grupa A (n = 18)		Grupa B (n = 13)	
	n	%	n	%
Poprawne	15	83%	5	38%
Niepoprawne	3	17%	8	62%

gdzie n to liczba studentów w grupie, zależność zmiennych sprawdzana była dokładnym testem Fishera, FET $p = 0,01$; współczynnik korelacji R-Spearmana = -0,46.

8.4.2.3. Dyskusja wyników

Wbrew oczekiwaniom grupa tworząca ścieżki wypadła gorzej w testach wiedzy niż grupa ucząca się w bardziej pasywny sposób. Nie jest wykluczone, że na taki właśnie wynik testu miały wpływ wcześniejsze przyzwyczajenia i długotrwałe doświadczenia studentów, wyniesione z ich przynajmniej trzyletniej edukacji na uczelni medycznej, poprzedzającej moment przeprowadzenia opisywanych w tej pracy badań. Jak wiadomo specyfika studiów medycznych polega w dużej mierze na pamięciowym opanowywaniu dużych porcji materiału, który potem trzeba umieć w miarę wiernie odtworzyć na kolokwium czy egzaminie

testowym. Natomiast samodzielne rozwiązywanie problemów wymagających analitycznego podejścia i kreatywnego nastawienia należy na studiach medycznych do rzadkości. W opisywanym eksperymencie grupa A postawiona została przed zadaniem teoretycznie mniej sprzyjającym trwałemu przyswojeniu wiedzy, ale były to warunki znane tym ludziom z ich wcześniejszej praktyki edukacyjnej. Natomiast grupa B miała sytuację teoretycznie lepszą, ale drastycznie rozmiijającą się z dotychczasowymi doświadczeniami tych studentów i ich wytrenowanymi umiejętnościami uczenia się. Z tego powodu grupa B osiągnęła gorsze wyniki uczenia i subiektywnie gorzej oceniała testowaną przez nich metodę kształcenia – bo mimo zastosowania obiektywnie lepszej metody pozyskiwania wiedzy zabrakło tu pozytywnych skojarzeń z wcześniejszymi praktykami nauczania i uczenia się wyrobionymi u tych studentów na wcześniejszych latach studiów.

Inną próbę wyjaśnienia zaobserwowanego zjawiska można odnaleźć w pracy Stulla i Mayera [166], którzy sugerują, iż oprócz pozytywnego efektu, jakim jest aktywność studencka, w samodzielnej pracy pojawić się może równie silny czynnik negatywny, wynikający z przeciążenia poznawczego w przypadku szczególnie ambitnych zadań.

Warto dodać, że badania przeprowadzone przez Stulla i Mayera zostały wzbogacone przez autora nowymi warunkami prowadzenia eksperymentu. Ścieżki tworzone z wykorzystaniem systemu informatycznego (w odróżnieniu od eksperymentów Stulla i Mayera, w których konstruowano je na kartce papieru). Ponadto, studenci pracowali w grupach, nie wykonywali zadania indywidualnie, jak działo się to we wcześniejszych badaniach. W przedstawionym powyżej doświadczeniu sprawdzano również w bardziej dokładny sposób reakcje studentów. Na przykład przeprowadzono dodatkowe badanie wiedzy miesiąc po eksperymencie, badanie jakości diagramów, ćwiczenia z rekonstrukcją algorytmów, czy wreszcie badanie satysfakcji studentów z przeprowadzonego doświadczenia. Wnosi to istotnie nowe elementy poznawcze w stosunku do wyników badań opisywanych w literaturze.

Interesujące wydaje się spostrzeżenie, że istnieje pozytywna korelacja między oceną ścieżki a oceną wiedzy. Nasuwa to myśl o możliwości wykorzystania ścieżek jako metody egzaminacyjnej – czyli czwartego, nie wymienionego dotychczas, sposobu wykorzystania ścieżek edukacyjnych. Zagadnienie to będzie przedmiotem dalszych badań, natomiast wykracza poza zaplanowany zakres tematyczny tej rozprawy.

Satysfakcja studentów z ćwiczeń była w grupie przeglądającej ścieżkę zdecydowanie większa niż w przypadku grupy tworzącej ścieżkę. Zapewne ma to związek ze wspomnianym wyżej powiązaniem tej metody uczenia się z wcześniejszymi doświadczeniami edukacyjnymi badanych studentów. Grupa od której wymagano samodzielnego tworzenia ścieżek odczuwała zapewne dyskomfort związany z faktem znalezienia się w nowej sytuacji i konieczności odgrywania nowej roli. Podobne zjawisko zauważono również w przypadku tworzenia map myśli, gdy osoby mające możliwość uczenia się swoim sposobem zdecydowanie lepiej oceniały ćwiczenia niż osoby zobowiązane do tworzenia map myśli [45]. Ponieważ brak motywacji wpływa negatywnie na wyniki nauczania, Farrand i współautorzy proponują, by szukać metod

zainteresowania studentów tworzeniem diagramów ułatwiających zapamiętywanie. Na uwagę zasługuje niezwykle wysoki poziom zadowolenia studentów biorących udział w pierwszym scenariuszu. Ciekawe, że scenariusz polegający na porównywaniu tekstu artykułu z interaktywnym diagramem jest praktycznie niespotykany na uczelniach medycznych. Warto byłoby mu się dokładniej przyjrzeć, porównując z innymi metodami uczenia się wymagającymi mniej kognitywnej aktywności niż scenariusz drugi. Na przykład można by było przeprowadzić porównanie uczenia się przez przeglądanie interaktywnej ścieżki z „rozwiązywaniem wirtualnego pacjenta”. Niestety, jest to już zagadnienie wykraczające poza zakres przedstawianej tu pracy i będzie podjęte przez autora jako dalsze rozwinięcie opisanych w rozprawie badań.

Choć w przedstawionym eksperymencie scenariusz drugi okazał się mniej skuteczny, nie znaczy to wcale, iż nie warto go dalej rozwijać. W praktyce rozważani studenci (czyli przyszli lekarze i nauczyciele) często konfrontowani będą z sytuacjami, gdy nie będzie dostępny interaktywny diagram. Przedstawione ćwiczenie, jak pokazano w omawianym właśnie eksperymencie oraz w poprzednim podrozdziale, prowadzi do trwałego wzrostu wiedzy. Interesujące byłoby przeprowadzenie doświadczenia, które umożliwiłoby ocenienie, ile czasu potrzebne jest studentom medycyny na zdobycie umiejętności samodzielnego tworzenia dobrych ścieżek edukacyjnych. Ścieżki przedstawione przez studentów w opisanym wyżej eksperymencie, w większości przypadków wymagały wielu poprawek, pomimo, iż była to już druga styczność studentów z tą techniką. Warto zdać sobie sprawę z faktu, że przekształcenie w praktyczny sukces scenariusza pierwszego w dużej mierze zależeć będzie od tego, czy znajdą się lekarze umiejący tworzyć dobre ścieżki edukacyjne, a ta właśnie potrzebna umiejętność ćwiczona jest przez scenariusz drugi.

8.4.3. Eksperyment „Syndrom poresuscytacyjny”

Drugi eksperyment przeprowadzono mniej więcej w tym samym czasie co pierwszy. Przeprowadzono go, aby sprawdzić, jak studenci radzą sobie z obszerniejszym i bardziej złożonym tekstem, niż było to w przypadku eksperymentu dotyczącego zespołu Boerhaavego. Tematem ćwiczeń był syndrom poresuscytacyjny czyli zespół objawów występujących po zatrzymaniu krążenia. W teście wzięli udział studenci z koła naukowego anestezjologii, działającego pod opieką lek. med. Pawła Krawczyka.

8.4.3.1. Sposób przeprowadzenia eksperymentu

Miesiąc przed planowanym eksperymencie przeprowadzono wstępny test wiedzy, a następnie przekazano studentom do przeczytania dwa teksty wytycznych medycznych w języku angielskim, dotyczące syndromu poresuscytacyjnego ([132], str. 357–364; [38], str. 1333–1336; w sumie ok. 10000 słów). Tekst nie zawierał ilustracji i nie był modyfikowany na potrzeby eksperymentu. Test składał się z 7 pytań testowych wielokrotnego wyboru (załącznik aneks 10.3.4). Każde z pytań zawierało 4 możliwe odpowiedzi. Ze względu na możliwość wielokrotnego wyboru, w ocenie każdą odpowiedź potraktowano jako oddzielne pytanie z odpowiedzią binarną (prawda/fałsz) premiowaną 1 punktem w przypadku dobrej decyzji. Sumaryczna liczba punktów wynosiła zatem 28.

W dniu eksperymentu studenci zostali w sposób losowy przyporządkowani do dwóch grup: grupa A – osoby uczące się według pierwszego scenariusza (nauka z wykorzystaniem interaktywnej ścieżki klinicznej), grupa B – osoby uczące się według drugiego scenariusza (nauka przez uzupełnianie i tworzenie ścieżki klinicznej). Inaczej niż w przypadku pierwszego eksperymentu, studenci pracowali samodzielnie, a nie w grupach dwuosobowych.

Studenci z grupy A otrzymali dostęp do rozbudowanej ścieżki klinicznej, utworzonej na podstawie artykułów oraz wyposażonej w zaczerpnięte bezpośrednio z tekstu prac opisy elementów diagramu.

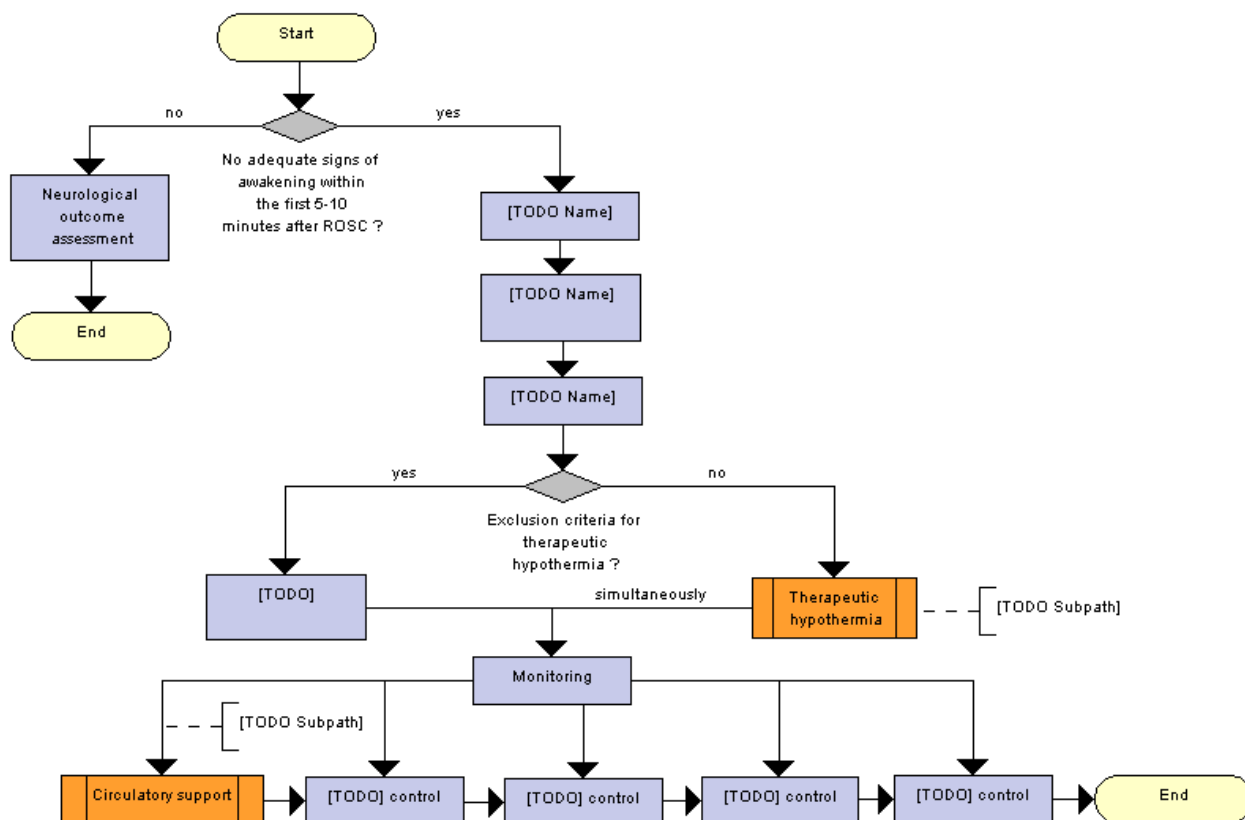
Ścieżka składała się z czterech algorytmów połączonych relacjami ścieżka/podścieżka:

- ścieżka 1 – ogólny podział,
- ścieżka 2 – prewencja uszkodzenia mózgu (podścieżka ścieżki 1),
- ścieżka 3 – optymalizacja układu krążenia (podścieżka ścieżki 2),
- ścieżka 4 – hipotermia terapeutyczna (podścieżka ścieżki 2).

Całkowita liczba węzłów w diagramach wynosiła 53. Węzły połączone były 60. krawędziami. Zadaniem studentów w grupie A było odnalezienie w tekście artykułu zaznaczonych na diagramie ścieżki rekomendacji.

Studenci w grupie B samodzielnie tworzyli ścieżkę. Studenci mieli doświadczenie z obsługą programu Bit Pathways z ćwiczeń z przedmiotu Telemedycyna, prowadzonych na trzecim roku studiów. Podobnie jak w przypadku poprzedniego eksperymentu, udostępniona została studentom przykładowa ścieżka utworzona w programie Bit Pathways, dotycząca postępowania resuscytacyjnego w szpitalu (wg wytycznych Europejskiej Rady Resuscytacji z roku 2010 [38]), oraz film w formacie Adobe Flash (SWF) o tworzeniu ścieżek w programie Bit Pathways. Aby ukierunkować działanie studentów, w grupie B zostały stworzone cztery szkielety podścieżek, odpowiadające tematowi diagramów przedstawionym grupie A. Zadaniem studentów było uzupełnienie nazw elementów w podścieżce 1 i 2 (Rys. 49.) oraz utworzenie od nowa podścieżek 3 i 4.

Studenci obu grup na wykonanie ćwiczenia mieli maksymalnie 90 minut. Po wykonaniu zadania przeprowadzony był jeszcze raz test wiedzy (ten sam, który przeprowadzono miesiąc wcześniej) oraz ankieta ewaluacyjna (ta sama, co w przypadku doświadczenia z zespołem „Boerhaavego”).



Rys. 49. Szkielet podścieżki 2 – prewencja uszkodzenia mózgu w syndromie poresuscytacyjnym. Zadaniem studentów było uzupełnienie elementów oznaczonych „[TODO]”.

8.4.3.2. Wyniki

Wyniki eksperymentu zostały niestety nieco zniekształcone, ze względu na fakt, iż w większości przypadków studenci nie znaleźli czasu na wcześniejsze przeczytanie tekstów artykułów i uzupełniali zaległości w czasie trwania eksperymentu. Nie bez znaczenia była również względnie mała próba losowa. Niemniej zdecydowano się przedstawić wyniki także tego badania traktując cały eksperyment jako badanie pilotażowe.

Tabela 44 przedstawia krótką charakterystykę osób biorących udział w eksperymencie. Większość studentów była słuchaczami piątego roku studiów medycznych. W badaniu brało udział osiem kobiet i trzech mężczyzn.

Tab. 44. Struktura demograficzna grup biorących udział w eksperymencie „Syndrom poresuscytacyjny”

	Wszyscy	Grupa A	Grupa B
<i>n</i>	11	5	6
Kobiety	8	3	5
K [%]	72,73%	60,00%	83,33%
Mężczyźni	3	2	1
M [%]	27,27%	40,00%	16,67%
rok (średnia)	4,82	5,00	4,67
rok (4)	2	0	2
rok (5)	9	5	4

Tabela 45 przedstawia zestawienie wyników dwóch przeprowadzonych testów wiedzy. Niestety, ze względu na małą wielkość próbki losowej przeprowadzone testy statystyczne (zarówno parametryczne, jak i nieparametryczne) nie wykazały żadnych różnic (zarówno przed czy po ćwiczeniu, jak i pomiędzy grupami eksperymentalnymi).

Tab. 45. Wyniki testów wiedzy

		Grupa A	Grupa B
<i>pre</i>	<i>n</i>	5	6
	$\bar{x}$ [pkt]	18,20	15,67
	<i>s</i>	1,79	3,33
	$\bar{x}$ [pkt]	18,80	17,17
<i>post</i>	<i>s</i>	2,49	2,48

pre – miesiąc przed rozpoczęciem eksperymentu, *post* – po zakończeniu eksperymentu; brak istotnych statystycznie różnic, $\bar{x}$ – średnia, *s* – odchylenie standardowe, *n* – liczba studentów w grupie

Wyniki ankiety ewaluacyjnej przedstawiono w tabeli 46. W badanej próbie grupa A była zdecydowanie bardziej zadowolona z ćwiczeń niż w przypadku grupy B, przy czym, ze względu na małą próbę losową, tylko w trzecim przypadku różnica osiągnęła poziom istotny statystycznie.

Tab. 46. Wyniki badania satysfakcji z ćwiczeń w grupach doświadczalnych

		Grupa A	Grupa B	Wartość <i>p</i>
	<i>n</i>	5	6	
<i>S1</i>	$\bar{x}$ [pkt]	4,40	3,33	0,09
	<i>s</i>	0,55	1,03	
<i>S2</i>	$\bar{x}$ [pkt]	4,00	3,17	0,12
	<i>s</i>	0,71	0,75	
<i>S3</i>	$\bar{x}$ [pkt]	4,80	3,33	0,01*)
	<i>s</i>	0,45	0,82	

S1 – zajęcia dostarczyły mi przydatnej wiedzy; *S2* – podobała mi się forma zajęć; *S3* – mam poczucie, że się dzisiaj dużo nauczyłam/em; (*S1*–*S3* min. 1 max. 5, skala Likerta); $\bar{x}$ – średnia, *s* – odchylenie standardowe, *n* to liczba studentów w grupie, wartość *p* w teście U Manna-Whitneya, *) różnica istotna statystycznie

8.4.3.3. Dyskusja wyników

Niezadowolenie grupy B można łatwo wyjaśnić przeciążeniem pracą, w sytuacji, gdy bardzo szczegółowy tekst – wbrew założeniom autora – uczestnicy przeczytali dopiero podczas ćwiczeń, a dodatkowo pracowali indywidualnie, a nie w parach. Jak zauważono to już wcześniej w punkcie 8.4.2.3, w zastosowaniu scenariusza drugiego należy zwracać szczególną uwagę na poziom trudności zadania, który po przekroczeniu pewnej granicy przeszkadza poszerzaniu wiedzy (tego nie udało się wykazać w wynikach tego eksperymentu) oraz na działające niekorzystnie nastawienie studentów do ćwiczenia (udało się to pokazać nawet na tak małej próbie losowej). Interesujące byłoby przeprowadzenie tego samego eksperymentu na większej grupie studentów, przy jednoczesnej redukcji złożoności tekstu artykułu przez wybranie najważniejszych fragmentów z obydwu artykułów i przetłumaczenie tekstu na język polski. Trudno ocenić w powyższym badaniu, jaką rolę odegrała próba uproszczenia złożoności ścieżek przez tworzenie szkieletów diagramów. W rozmowach przeprowadzonych po eksperymencie uzyskano również krytyczne opinie, iż istniało wiele możliwości w przypadku nadawania elementom nazw i taka niejednoznaczność działała na studentów irytująco. Można domniawać, iż jest to efekt wcześniejszych doświadczeń edukacyjnych tych studentów, od których wymagano zawsze dokładnego (także w sensie terminologii) zapamiętania i wiernego odtworzenia nauczanego materiału, natomiast nie wymagano od nich przejawiania własnej inicjatywy nawet w tak drobnej sprawie, jak nazewnictwo. Z pewnością warto w kolejnym eksperymencie zróżnicować stopień rozbudowania szkieletów ścieżek klinicznych dostarczonych studentom do wypełnienia i zobaczyć, jaki będzie to miało wpływ na końcowy efekt nauki i zadowolenia studentów.

8.5. Edukacyjne ścieżki kliniczne jako etap pośredni w tworzeniu innych zasobów informatyki medycznej

W trzecim badanym scenariuszu edukacyjne ścieżki kliniczne wykorzystane są jako etap pośredni w budowie innych komputerowych reprezentacji wiedzy tworzonych na potrzeby medycyny. Zwiększenie efektywności nauczania następuje tu dzięki oszczędności czasu wynikającej z wielokrotnego wykorzystania bazy wiedzy utworzonej na etapie budowy edukacyjnej ścieżki klinicznej. Temat ten jest niezwykle szeroki, gdyż liczba zastosowań zgromadzonej w ścieżkach wiedzy ograniczona jest tu jedynie pomysłowością jej użytkowników. Kluczem do sukcesu jest wielopoziomowość opisu, jaki związany jest z wykorzystaniem modelu Bit Pathways³¹. Wspólną dla wszystkich ścieżek jest struktura grafu, dzięki której dokonuje się podział wiedzy na czynności (węzły grafu) i występujące między nimi zależności czasowe (skierowane krawędzie grafu). Dalsze, charakterystyczne dla modelu Bit Pathways poziomy opis, precyzują wiedzę przez nakładanie nowych ograniczeń wynikających z zastosowanych typów węzłów i krawędzi (poziom kontekstu), zdefiniowanych w szablonach grup atrybutów oraz typów wartości atrybutów (poziom szablonu). Pozwala to na dostosowanie ścieżek do postaci umożliwiającej koncentrację uwagi użytkowników jedynie na interesujących ich aspektach opisu.

Po analizie kilku różnych potencjalnych zastosowań narzędzia Bit Pathways można dojść do wniosku, iż duża część tych ograniczeń jest wspólna, a informacje mogą być pomiędzy ścieżkami przenoszone. Użytkownikowi pozostają do uzupełnienia jedynie różnice w opisach poszczególnych elementów grafu. System Bit Pathways wspiera takie działania udostępniając funkcję tworzenia plików mapowań pomiędzy szablonami³², a następnie na życzenie użytkownika – dokonuje zmiany szablonu i automatycznego przeniesienia danych pomiędzy dwoma wersjami ścieżek. Dzięki temu użytkownik zyskuje czas, jaki musiałby poświęcić na rekonstrukcję wspólnej części ścieżki w innym jej zastosowaniu.

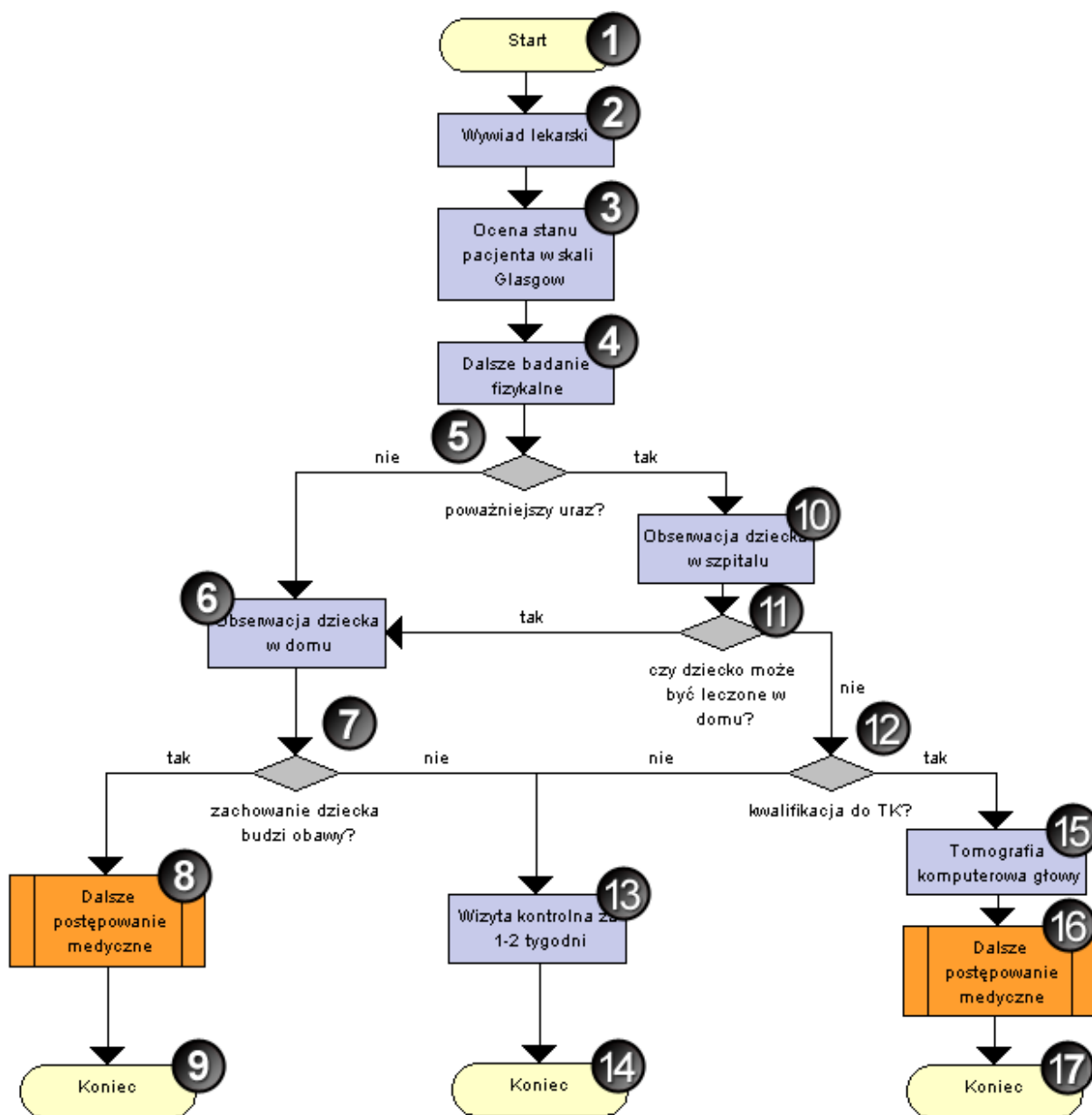
Celem tego rozdziału jest weryfikacja uniwersalności narzędzia poprzez zaprezentowanie możliwości automatycznego przekształcenia ścieżki edukacyjnej programu Bit Pathways do innych formatów: wirtualnego pacjenta zgodnego z modelem MedBiquitous Virtual Patient (MVP) (opis w punkcie 8.5.2.1) i interpretowalnej komputerowo ścieżki klinicznej w modelu GLIF (opis w punkcie 8.5.3.1). Pokazanie, iż każdy aspekt wirtualnego pacjenta czy interpretowalnej komputerowo ścieżki klinicznej jest możliwy do uzyskania w środowisku Bit Pathways wykracza poza ramy tej pracy. Bardzo możliwe, iż taka uniwersalność jest wykluczona, ze względu na różne oczekiwania użytkowników tych systemów. Celem tego rozdziału jest jednak pokazanie, iż praca włożona w przygotowanie edukacyjnej ścieżki klinicznej w środowisku Bit Pathways może być powtórnie wykorzystana w innych, popularnych środowiskach informatyki medycznej.

³¹ Model danych Bit Pathways został przedstawiony w rozdziale piątym niniejszej pracy

³² Opis tworzenia plików mapowań między szablonami znajduje się w podrozdziale 6.2.4

8.5.1. Opis edukacyjnej ścieżki klinicznej wykorzystanej w testowaniu scenariusza

W niniejszym podrozdziale przeprowadzono weryfikację opisanego w punkcie 3.3.3 i powyżej pokrótce przypomnianego scenariusza 3. na przykładzie edukacyjnej ścieżki klinicznej dotyczącej lekkich urazów głowy wśród dzieci. Ścieżka powstała w oparciu o pracę przeglądową autorstwa Lückhoff i Starr [119]. Rysunek 50 pokazuje utworzoną na podstawie publikacji ścieżkę kliniczną. Treść ścieżki konsultowana była z lekarzem.



Rys. 50. Ścieżka edukacyjna dotycząca drobnych urazów głowy u dzieci

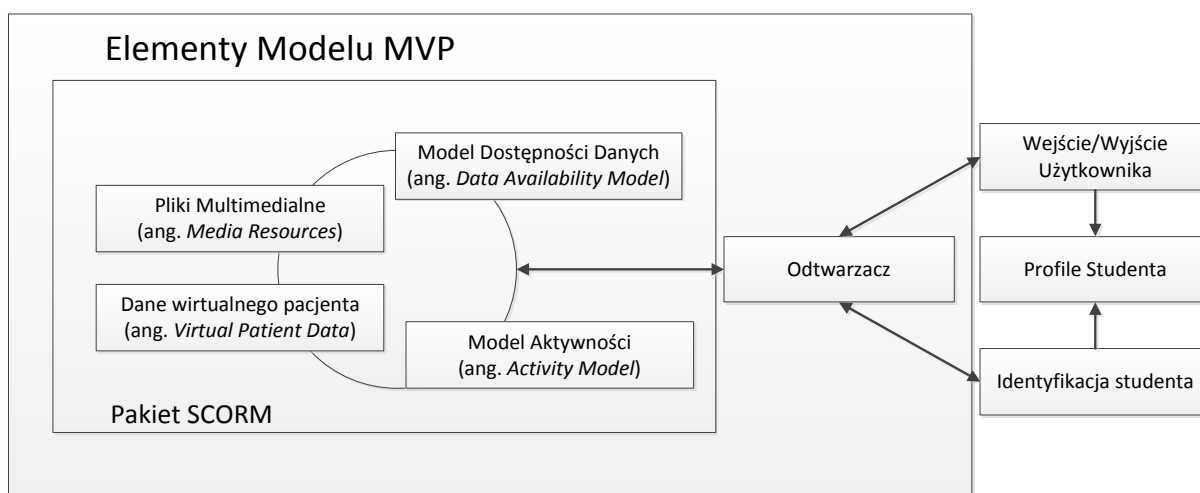
Ścieżka składa się z siedemnastu różnych elementów, z którymi powiązane są opisy o łącznej długości ponad 1300 słów. Atrybuty opisu pochodzą z szablonu „Edukacyjna Ścieżka Kliniczna”. Plik ze ścieżką dostępny jest na dołączonej do pracy płycie CD (plik /export/source/mih_cp.xml).

8.5.2. Zapis edukacyjnej ścieżki klinicznej w formacie wirtualnego pacjenta

Wirtualni pacjenci są realizowanymi komputerowo materiałami edukacyjnymi służącymi do przedstawienia interakcji pracownika służby zdrowia (lekarza, pielęgniarki, farmaceuty) z pacjentem [67]. Taka forma nauki cieszy się dużą popularnością wśród studentów i akceptowana jest coraz chętniej w nowoczesnych, kładących większy nacisk na nauczanie problemowe (ang. *problem-based learning*), programach studiów medycznych. Obecnie istnieje na świecie bogaty wybór systemów wirtualnych pacjentów charakteryzujących się zróżnicowanymi możliwościami i zastosowaniami [100][107]. Często napotkanym problemem jest jednak brak kompatybilności systemów tej klasy uniemożliwiający wymianę między nimi danych. Próba rozwiązania tego problemu jest opublikowany w roku 2010 standard ANSI o nazwie „MedBiquitous Virtual Patient” (MVP) [156]³³. Przy powstaniu standardu MVP pracowało wiele uczelni medycznych na świecie pod przewodnictwem instytutu Johna Hopkinsa w Baltimore. Celem powstania specyfikacji było uzyskanie modelu danych, który może być wykorzystany przy przenoszeniu danych pomiędzy różnymi systemami wirtualnych pacjentów.

8.5.2.1. Specyfikacja MedBiquitous Virtual Patient

Model logiczny wirtualnego pacjenta według standardu „MedBiquitous Virtual Patient” (MVP) przedstawia rysunek 51. Wirtualny pacjent według tego modelu składa się z trzech podstawowych części zapisywanych w osobnych plikach XML oraz zbioru wykorzystywanych w wirtualnym pacjencie plików multimedialnych. Ogół plików zapisywany jest w archiwum ZIP zgodnie ze specyfikacją standardu SCORM [187].



Rys. 51. Model wymiany wirtualnych pacjentów MVP [156]

Część specyfikacji MVP nazwana *Virtual Patient Data* (VPD) zawiera dane demograficzne oraz kliniczne wirtualnego pacjenta, które mogą mieć znaczenie dla rozwiązywanego przypadku, oraz opis

³³ Warto nadmienić, iż autor przedstawionej pracy brał udział w implementacji tego standardu w czterech systemach wirtualnych pacjentów w ramach projektu eViP [109][185]

narracyjny towarzyszący studentowi w czasie analizy danych wirtualnego pacjenta. *Data Availability Model* (DAM) zawiera węzły modelu dostępności agregujące dane wirtualnych pacjentów (VPD) oraz przynależne im zasoby multimedialne (MR), które mają być wyświetlone w jednym węźle stanu aplikacji. *Activity Model* (AM) określa stany, w jakich może znaleźć się aplikacja i stanowi opis możliwych „ścieżek przejścia” osoby uczącej się przez treść wirtualnego pacjenta. Standard MVP otwarty jest na rozszerzenia, dzięki którym można realizować charakterystyczne dla poszczególnych klas systemów funkcje, jak również łączyć opis wirtualnego pacjenta z innymi specyfikacjami spotykanymi w e-nauczaniu. Rozszerzenie, które od samego początku cieszyło się dużą popularnością wśród użytkowników specyfikacji, to możliwość dodania do wirtualnych pacjentów testów sprawdzających wiedzę w standardzie IMS QTI [192].

8.5.2.2. Sposób zapisu ścieżki Bit Pathways w modelu MedBiquitous Virtual Patient

By ułatwić tworzenie wirtualnych pacjentów w systemie Bit Pathways przygotowany został specjalny szablon atrybutów nazwany „Wirtualny Pacjent”. Grupy atrybutów i atrybuty tego szablonu opisane są w załączniku 10.2.2. Ścieżka edukacyjna wyposażona w taki szablon może być zapisana bezpośrednio z poziomu edytora Bit Pathways jako materiał edukacyjny w formacie MVP (z pytaniami w formacie IMS QTI). Elementy czynności (TASK) w ścieżce zapisywane są jako węzły agregujące DAM. Elementy decyzyjne (DECISION) i krawędzie (SIMPLE_EDGE) określają kształt modelu aktywności (AM). Atrybuty zawierające opis słowny (np. *narrative*, *author_comment*) zapisywane są jako węzły danych wirtualnych pacjentów (VPD) lub gdy przedstawiają pytania testowe (np. *mcq_questions*), jako elementy rozszerzenia IMS QTI. Metadane oraz część atrybutów przypisanych ogólnie do elementu ścieżki (PATH) trafiają do pliku opisu pakietu SCORM. Elementy podścieżek (SUBPATH) oraz komentarze graficzne (COMMENT) są na obecnym etapie implementacji pomijane. Bardziej szczegółowy opis sposobu zapisu atrybutów szablonu „Wirtualny pacjent” w pakiecie MVP przedstawiony jest jako osobna kolumna w tabeli 3. w aneksie 10.2.2.

Plik mapowania opisujący przejście pomiędzy szablonem „Edukacyjna Ścieżka Kliniczna” a „Wirtualny Pacjent” uzupełnia automatycznie 26 z 40 atrybutów szablonu „Wirtualny Pacjent”, co stanowi 65% atrybutów wirtualnego pacjenta. Uzupełnienie pozostałych atrybutów jest w wyniku eksportu danych bardzo ułatwione. Dla przykładu tekst opisu czynności z szablonu „Edukacyjna Ścieżka Kliniczna” (*med_description*) przenoszony jest automatycznie do pola „komentarz eksperta” (*author_comment*) i ułatwia tworzenie elementów „opis sytuacji” (*narrative*) i „pytania testowe” (*mcq_questions*). Tabela 47 ilustruje przeniesienie danych pojedynczego elementu „badanie fizykalne” (element 4. na rysunku 50) pomiędzy szablonami³⁴. Pierwszy wiersz tabeli jest dostępny bezpośrednio po przeniesieniu danych, wiersz drugi i trzeci muszą być napisane na nowo, ale dzięki wcześniej dodanemu opisowi wymyślenie historii pacjenta i zadanie właściwego do sytuacji pytania jest bardzo ułatwione.

³⁴ Pełen tekst komentarzy eksperta edukacyjnej ścieżki klinicznej oraz opisu narracyjnego i pytań wirtualnego pacjenta znajduje się w aneksie 10.6.

Tab. 47. Fragment opisu elementu „Badanie fizykalne” po przeniesieniu z szablonu „Edukacyjna Ścieżka Kliniczna” do szablonu „Wirtualny Pacjent”

Atrybut	Opis
Komentarz eksperta (tekst przeniesiony bezpośrednio z szablonu „Edukacyjna ścieżka kliniczna”)	<i>W czasie badania fizykalnego zwróć szczególną uwagę na oznaki złamania czaszki. Zwróć uwagę na obecność deformacji lub bolesność przy palpacji głowy. Oceń ciemniczkę, kości twarzy, jamę ustną, gardło i uszy. Zwróć również uwagę na obecność zasinienia zlokalizowanego za małżowiną uszną (objaw Battle’a), krwinków okularowych – objaw oczu szopa, krwiaka w uchu środkowym – haemotympanum, wycieku płynu mózgowo-rdzeniowego z przewodów słuchowych zewnętrznych lub nosowych.</i> <i>Szczególną uwagę należy zwrócić na źrenice. Źrenice powinny być zbadane pod względem wielkości, symetrii, występowania bezpośrednich i pośrednich (reakcja konsensualna) odruchów na światło, ewentualnego braku reakcji i asymetrycznego poszerzenia. Nieprawidłowa reakcja na światło może sugerować wgłobienie lub uraz pnia mózgu. Bezpośrednie urazy oczodołu, jak również leki i inne substancje (np. alkohol, opioidy) mogą zaburzać funkcję źrenic.</i>
Opis sytuacji (tekst pisany na nowo przez autora wirtualnego pacjenta na podstawie komentarza eksperta)	<i>Kontynuujesz badanie fizykalne. Stwierdzasz, że otarcia na czole są powierzchowne i już zaszły. Dziewczynka zgłasza dolegliwości bólowe jak dotykasz w okolicach obręku na czole, ale nie reaguje na ucisk innych okolic głowy. Z pewnością nie trzeba będzie szyć. Źrenice dziecka są w normie (równe, okrągłe, prawidłowo reagujące na światło). Po dłuższym namyśle przychodzi ci do głowy, że można jeszcze sprawdzić objaw Battle’a.</i>
Pytanie (pytanie tworzone na nowo przez autora wirtualnego pacjenta na podstawie komentarza eksperta)	<i>W jaki sposób sprawdzić objaw Battle’a?</i> • <i>Sprawdzić obecność krwinków wokół oczu</i> • <i>Sprawdzić obecność wycieku z ucha</i> • <i><u>Sprawdzić obecność zasinienia za uchem</u></i> • <i>Sprawdzić występowanie bólu przy ucisku wątroby</i>

W czasie eksportu danych do postaci wirtualnego pacjenta trzeba się zdecydować, czy powstały wirtualny pacjent ma mieć formę opisywaną przez model liniowy czy rozgałęziony [68][92]. Model liniowy przedstawia historię wirtualnego pacjenta zawsze w tej samej kolejności, a decyzje studenta nie mają znaczenia dla przebiegu symulowanego procesu leczenia (w przypadku udzielenia złej odpowiedzi student od razu informowany jest o pomyłce i powraca na właściwy tor). Model rozgałęziony daje studentowi (ograniczoną) autonomię w podejmowaniu decyzji diagnostycznych i terapeutycznych. Pomimo, iż na pierwszy rzut oka, bardziej atrakcyjny wydaje się dla studenta model rozgałęziony, jego realizacja w praktyce jest dużo trudniejsza, a konieczne w praktycznej realizacji pomysłu ograniczenia możliwości podejmowania decyzji studenta, często nie gwarantują oczekiwanego realizmu wirtualnego pacjenta. W krańcowych przypadkach student bardziej koncentruje się na znalezieniu „wyjścia z labiryntu” grafu modelu aktywności, niż na treściach medycznych, jakie te węzły przedstawiają.

W praktyce edukacji medycznej spotyka się zarówno systemy zgodne z modelem liniowym (np. CASUS [46], CAMPUS card [49]), jak i rozgałęzionym (Open Labyrinth [196], VPSim [201]).

System Bit Pathways umożliwia tworzenie wirtualnych pacjentów zarówno w modelu liniowym, jak i rozgałęzionym. Budowa liniowego modelu polega na wybraniu w grafie ścieżki podzbioru wierzchołków i krawędzi o maksymalnie jednej krawędzi wchodzącej i wychodzącej z każdego wierzchołka i nie zawierający cyklu. Budowa modelu rozgałęzionego wymaga dodania do istniejącej ścieżki dodatkowych podścieżek ilustrujących błędne postępowanie.

8.5.2.3. Ścieżka Bit Pathways po eksporcie w systemie CASUS

W niniejszym opracowaniu skoncentrowano się na modelu liniowym, jako prostszym w realizacji oraz kompatybilnym z używaną obecnie w ramach Uniwersytetu Jagiellońskiego platformą wirtualnych pacjentów CASUS. Platforma CASUS została opracowana w Uniwersytecie Ludwika-Maksymilana w Monachium przy udziale firmy Instruct AG [46]. Obecnie jest używana w wielu uniwersytetach niemieckich i amerykańskich. Uniwersytet Jagielloński stał się użytkownikiem platformy dzięki projektowi „eViP”, w którym autor pracy brał aktywny udział [92]. Rolą platformy CASUS w ramach Uniwersytetu Jagiellońskiego jest udostępnianie studentom wirtualnych pacjentów stworzonych w tym systemie przez pracowników Collegium Medicum. Z systemu korzystają również słuchacze studium doktoranckiego ćwicząc tworzenie wirtualnych pacjentów.

Dla ścieżki z rysunku 50 można utworzyć sześć materiałów typu „wirtualny pacjent” o różnym zbiorze czynności, a przez co również reprezentujących różny przebieg urazu i jego leczenia (Tab. 48.) Faktyczna liczba wygenerowanych wirtualnych pacjentów może być dużo większa, gdyż ten sam zalecany ciąg czynności może być trafny dla różniących się objawów chorobowych. Raz sformułowana ścieżka może służyć jako szkielet wielu pokrewnych, ale różniących się w kluczowych momentach wirtualnych pacjentów. Jest to czwarty, obok automatycznego przenoszenia struktury grafu, kopiowania wartości atrybutów i sugerowania wpisów w pozostałych atrybutach, argument przemawiający za efektywnością zaproponowanego rozwiązania.

Z przedstawionego w tabeli 48. zbioru możliwych liniowych wirtualnych pacjentów wybrany został przypadek WP 2 ilustrujący najmniej skomplikowany przebieg lekkiego urazu głowy u dzieci. Po przekształceniu ścieżki z szablonu „Edukacyjna Ścieżka Kliniczna” do formatu szablonu „Wirtualny pacjent” uzupełnione zostały pola narracyjne historią 5-letniej Frani Iksińskiej (Tab. 47), składającą się w sumie z blisko 600 słów, oraz dodano 6 pytań testowych. Plik ze ścieżką dostępny jest na dołączonej do pracy płycie CD (plik /sample/mih_vp.xml).

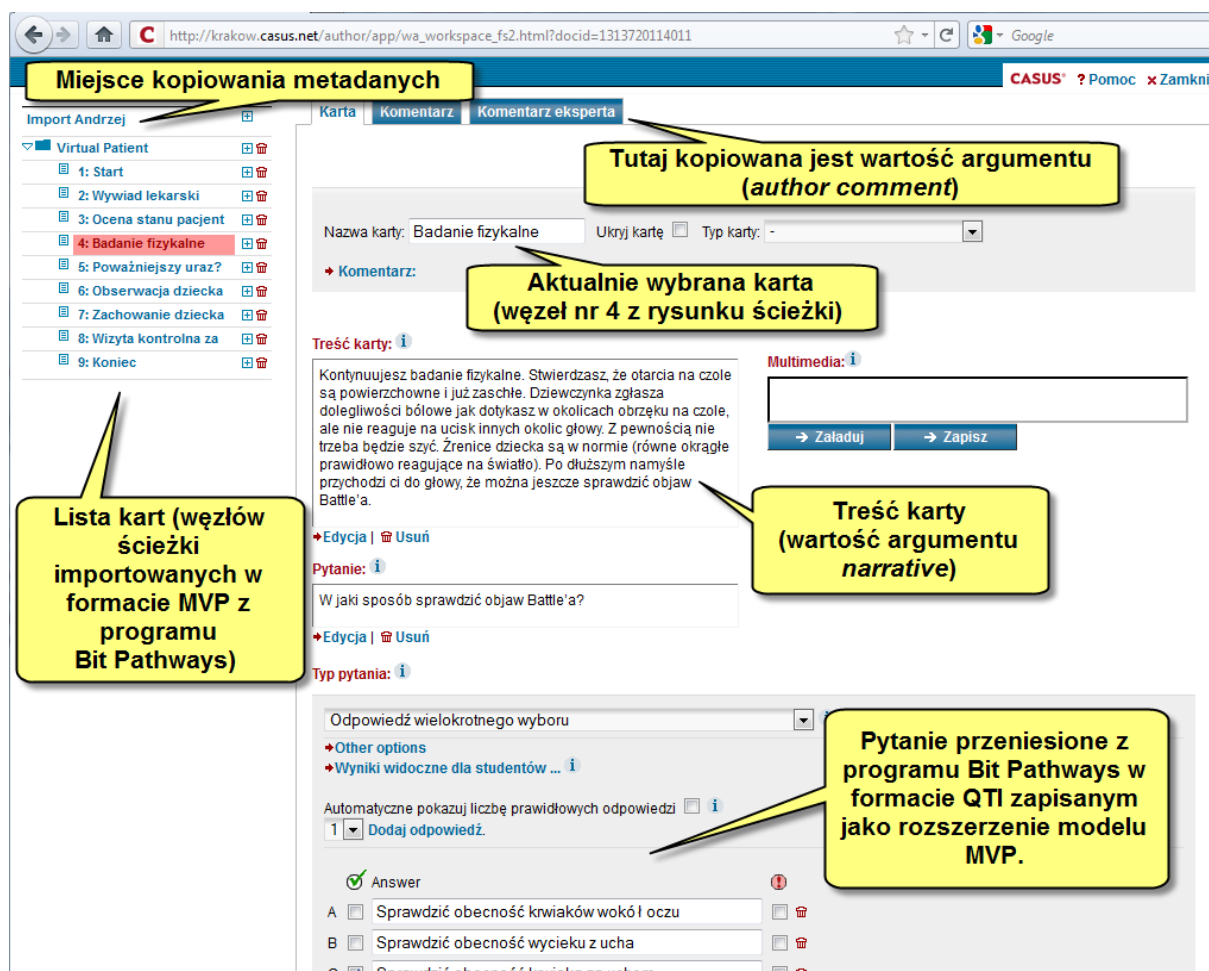
Tab. 48. Przebieg wszystkich możliwych liniowych wirtualnych pacjentów o różnym zbiorze węzłów utworzonych z jednej ścieżki klinicznej dotyczącej lekkich urazów głowy u dzieci

Nr WP	Ciąg identyfikatorów wierzchołków tworzący liniowego wirtualnego pacjenta
WP 1	1,2,3,4, <u>5</u> ,6, <u>7</u> ,8,9
WP 2	1,2,3,4, <u>5</u> ,6, <u>7</u> ,13,14
WP 3	1,2,3,4, <u>5</u> ,10, <u>11</u> , <u>7</u> ,8,9
WP 4	1,2,3,4, <u>5</u> ,10, <u>11</u> , <u>7</u> ,13,14
WP 5	1,2,3,4, <u>5</u> ,10, <u>11</u> , <u>12</u> ,13,14
WP 6	1,2,3,4, <u>5</u> ,10, <u>11</u> , <u>12</u> ,15,16,17

Nr WP – numer wirtualnego pacjenta Identyfikatory wierzchołków zgodne są z tymi przedstawionymi na rysunku 50. W tabeli podkreślone są identyfikatory elementów decyzyjnych.

Ścieżkę z szablonem „Wirtualny pacjent” eksportowano następnie z poziomu programu Bit Pathways do postaci pakietu MVP. Plik ze ścieżką ze zmienionym szablonem dostępny jest na dołączonej do pracy płycie CD (plik /export/mvp/mih_vp.zip). Zgodność pakietu z modelem MedBiquitous Virtual Patient sprawdzona była za pomocą opracowanego w Uniwersytecie w Heidelbergu pakietu testującego *MVP-eViP XSLT Test Suite Revision: 23* [97][195], uzyskując potwierdzenie pełnej zgodności ze standardem. Następnie pakiet został importowany do liniowego systemu wirtualnych pacjentów CASUS [46]³⁵. Rysunek 52 przedstawia opisywany powyżej pakiet wirtualnego pacjenta tuż po przeniesieniu. Przypadek gotowy jest do udostępnienia studentom. Można go również dalej rozbudowywać z poziomu edytora CASUS dodając na przykład elementy multimedialne.

³⁵ Opis implementacji standardu MVP w systemie CASUS można znaleźć w publikacji [58].



Rys. 52. Ścieżka edukacyjna „Lekkie urazy głowy u dzieci” po eksporcie w formacie MVP do systemu wirtualnych pacjentów CASUS

8.5.3. Zapis edukacyjnej ścieżki klinicznej w formacie GLIF

Drugą badaną możliwością powtórnego użycia edukacyjnych ścieżek klinicznych jest wykorzystanie ich jako szkieletu w budowie interpretowalnych komputerowo ścieżek klinicznych. Temat interpretowalnych komputerowo ścieżek klinicznych przedstawiono już w podrozdziale 3.1. Organizacja HL7 uznała specyfikację GLIF (opis w punkcie 8.5.3.1) za aktualnie najbardziej rozwiniętą specyfikację interpretowalnych komputerowo ścieżek klinicznych w kategorii rozbudowanych, wielofazowych ścieżek [75]. Dlatego też w tym podrozdziale przedyskutowana będzie możliwość zapisu ścieżek zgodnie z tą specyfikacją z poziomu środowiska Bit Pathways. Zrealizowany będzie również prototyp funkcji eksportu ścieżki do formatu GLIF na przykładzie omawianej już wcześniej w tym rozdziale edukacyjnej ścieżki dotyczącej lekkich urazów głowy u dzieci.

8.5.3.1. Specyfikacja GLIF

Specyfikacja GLIF (ang. *Guideline Interchange Format*) opracowana została przez grupę trzech amerykańskich uczelni: Harvard, Columbia i Stanford, zrzeszonych w projekcie InterMed [134]. Pierwsza wersja specyfikacji GLIF powstała w roku 1996. Najnowsza wersja – GLIF 3.5 – ukazała się w roku 2004 [191].

Specyfikacja GLIF trzeciej generacji składa się z trzech warstw o rosnącym stopniu złożoności:

- warstwa koncepcyjna (poziom A) – służy do wyodrębnienia podstawowych pojęć i głównych kroków algorytmu,
- warstwa obliczeniowa (poziom B) – sprawdza metodami informatycznymi spójność logiczną modelu,
- warstwa implementacyjna (poziom C) – służy do łączenia pojęć z abstrakcyjnego modelu ścieżki z konkretnymi polami w elektronicznym rekordzie pacjenta używanym w konkretnym szpitalu.

Celem postawionym przed funkcją eksportu z programu Bit Pathways jest osiągnięcie kompatybilności na poziomie warstwy koncepcyjnej. Kompatybilność na pozostałych poziomach jest poza zakresem niniejszej pracy.

Podstawową klasą w budowie ścieżek modelu GLIF jest *Guideline_Collection* [11]. W skład reprezentowanej przez nią kolekcji może wchodzić jedna ścieżka główna (klasy *Guideline*) oraz jej podścieżki będące instancjami abstrakcyjnej klasy *Nestable*. Każda ścieżka posiada algorytm będący instancją klasy *Algorithm*. Algorytm złożony jest z elementów (kroków algorytmicznych) o następujących typach:

- *Action_Step* – opisuje czynność do wykonania w ramach algorytmu albo automatycznie (węzły obliczeniowe – *Programming_Oriented_Action_Specification*) albo przez pracownika służby zdrowia (węzły kliniczne – *Medically_Oriented_Action_Specification*).
- *Decision_Step* – opisuje decyzję podejmowaną albo automatycznie przez komputer na podstawie zgromadzonych w systemie informatycznym szpitala danych albo przez lekarza, jeżeli kryteria podejmowania decyzji są niejednoznaczne lub brak jest odpowiednich danych w systemie.
- *Patient_State_Step* – opisuje albo aktualny stan pacjenta, albo stan do osiągnięcia jakiegoś zmierza opisywany przez algorytm proces leczenia.
- *Branch_Step* i *Synchronization_Step* – służą do rozdzielania i łączenia równolegle wykonywanych czynności w algorytmie.

Dodatkowo, model GLIF posiada klasy, których instancje mogą być łączone z poszczególnymi krokami algorytmu, takie jak: *Iteration_Specification* (do obsługi iteracyjnego powtarzania wykonywanych instrukcji), *GuidelineException*, *Triggering_Event* (do sterowania asynchronicznego przebiegiem algorytmu), *Maintenance_information* (informacja o autorach ścieżki) i *Supplemental_Material* (do reprezentowania materiałów edukacyjnych objaśniających dany krok decyzyjny). Dodatkowo specyfikacja

GLIF udostępnia klasy do bardziej szczegółowej specyfikacji formalnego modelu dziedziny wiedzy poprzez definicję nowych klas pojęć, łączenie ich z istniejącymi klasyfikacjami (np. UMLS³⁶) i standardowymi modelami danych medycznych (np. HL7 RIM). Dostępny jest także język tworzenia wyrażeń (GELLO) oraz funkcja tworzenia makr. Przyjętą składnią zapisu danych modelu GLIF jest język RDF [197].

Na koniec warto jeszcze dodać, iż dokument specyfikacji GLIF w wersji 3.5 nie określa sposobu zapisu graficznego kształtu algorytmów ścieżki [191]. Prezentowane często w publikacjach rysunki algorytmów GLIF (np. [11][134]) są realizowane jako funkcja edytora Protégé [133] i nie są zapisywane przy pomocy formatu RDF. Pomimo, iż nie jest to bezpośrednio wyjaśnione w specyfikacji, wydaje się, iż zapis kształtu graficznego ścieżki był planowaną, ale ostatecznie pominiętą w dokumentacji funkcją modelu GLIF.

8.5.3.2. Sposób zapisu ścieżki Bit Pathways w modelu GLIF

Tabela 49 przedstawia porównanie typów elementów programu Bit Pathways z klasami obiektów specyfikacji GLIF. Wynika z niego, iż większość dostępnych w podstawowej wersji programu Bit Pathways elementów ma swoje odpowiedniki w specyfikacji GLIF³⁷. Wyjątek stanowi komentarz graficzny COMMENT, którego wartości mogą być jednak zapisywane jako materiały edukacyjne klasy *Supplemental_Material* przypisane do atrybutu *didactics* elementu ścieżki *Guideline*. Podścieżki tworzy się jako osobne instancje klasy *Guideline* (dziedziczące z typu *Nestable*). Natomiast odsyłacz do podścieżki zapisany jest w instancji klasy *Action_Step*. Krawędzie reprezentowane są w specyfikacji GLIF instancją jednej z dwóch klas: *Decision_Option* – jeżeli poprzedzającym wierzchołkiem jest węzeł decyzyjny, *Next_Step* – w pozostałych przypadkach.

³⁶ UMLS (ang. Unified Medical Language System) jest zbiorem wielu klasyfikacji i słowników medycznych zarządzanym przez Narodową Bibliotekę Medyczną Stanów Zjednoczonych [200].

³⁷ Pomimo, iż nie jest zadaniem tego rozdziału pokazanie równorzędności dwóch modeli, po wstępnej analizie specyfikacji GLIF zwrócić może uwagę brak w podstawowej wersji środowiska Bit Pathways elementów planowania równoległego (*Branch*, *Synchronization*). Jest to zabieg celowy. Powodem była chęć uproszczenia obsługi programu przez zmniejszenie liczby dostępnych elementów grafu ścieżki. Należy pamiętać, iż dla zdecydowanej większości studentów medycyny program Bit Pathways jest pierwszym kontaktem z budową diagramów blokowych i nadmierna mnogość dostępnych kształtów może działać zniechęcająco. Wprowadzenie elementów programowania równoległego przekracza zakres czasowy, jaki dostępny jest na przeciętnych ćwiczeniach. Poszerzenie listy dostępnych w programie Bit Pathways wierzchołków nie stanowi jednak problemu i możliwe jest po dodaniu do programu nowych klas implementujących interfejs wierzchołka ścieżki Bit Pathways. Odpowiada to modyfikacji modelu w warstwie kontekstu (więcej szczegółów można znaleźć w rozdziale 5.1).

Tab. 49. Porównanie elementów ścieżki Bit Pathways i klas modelu GLIF

Bit Pathways	GLIF
PATH	<i>Guideline</i>
TASK	<i>Action_Step</i>
DECISION	<i>Decision_Step</i>
START	<i>Patient_State_Step</i>
END	<i>Patient_State_Step</i>
SUBPATH	<i>Guideline i Action_Step</i>
COMMENT	brak (<i>Guideline.didactics</i>)
SIMPLE_EDGE	<i>Decision_Option</i> lub <i>Next_Step</i>

W aneksie 10.2.3 (Tab. 4) przedstawiony jest szczegółowy algorytm przenoszenia danych z modelu danych Bit Pathways do modelu GLIF. Podobnie jak było to w przypadku wirtualnych pacjentów, możliwe jest określenie specjalnego szablonu programu Bit Pathways przeznaczonego do eksportu danych do modelu GLIF. Po wstępnej analizie tej możliwości autor pracy doszedł do wniosku, iż dostępny już szablon „Edukacyjnej Ścieżki Klinicznej” jest w pełni wystarczający. Tabela 5 w aneksie 10.2.3 pokazuje szczegółowy sposób przenoszenia poszczególnych grup atrybutów i atrybutów. Specyfikacja GLIF jest na tyle elastyczna, iż udało się znaleźć odpowiedniki dla wszystkich atrybutów z szablonu „Edukacyjna Ścieżka Kliniczna”. Niektóre typy danych GLIF – jak na przykład klasa *Medication* oznaczająca zalecane do przyjmowania leki, są dużo bardziej szczegółowe niż w przypadku typów danych używanych w programie Bit Pathways³⁸. W przypadku dwóch atrybutów: „grupa personelu odpowiedzialna za wykonanie czynności” oraz „faza leczenia” konieczne jest rozszerzenie podstawowego modelu GLIF przy pomocy klasy *User_Defined_Data_Model_Class*.

W związku z dużą zgodnością szablonu „Edukacyjna ścieżka kliniczna” z modelem danych GLIF można zadać pytanie, czy nie byłoby możliwe zastosowanie tej specyfikacji do domyślnego zapisu danych ścieżek w systemie Bit Pathways? Istnieją jednak ku temu dwa istotne przeciwskazania.

Pierwszym jest brak specyfikacji postaci graficznej w formacie GLIF. Zrozumiałym jest, iż w przypadku interpretowalnych komputerowo ścieżek ta postać ma drugorzędne znaczenie. Niemniej w przypadku zastosowań edukacyjnych, sposób ułożenia elementów jest również formą informacji, tak więc postać graficzna jest tu niezwykle istotna. Drugim argumentem jest wyższy stopień trudności zmiany zastosowania ścieżki w specyfikacji GLIF, niż ma to miejsce w przypadku Bit Pathways. Rozszerzenie

³⁸ W programie Bit Pathways podaje się nazwę leku oraz dawkowanie. Istnieje również pole tekstowe do wprowadzania bliżej nieokreślonych dodatkowych informacji na temat podawania leku. W specyfikacji GLIF, która w przypadku klasy *Medication* wzoruje się na specyfikacji HL7 RIM, wykorzystywane są również takie pola jak częstość dawkowania, sposób podania leku, czy postać leku. W takich przypadkach brakujące pola muszą być uzupełnione po eksporcie przez inżyniera wiedzy po konsultacji z ekspertem.

specyfikacji GLIF osiągalne jest przez dodawanie nowych klas do bardzo rozbudowanego modelu obiektowego opisującego dziedzinę interpretowalnych komputerowo ścieżek klinicznych.

Ma to dwie konsekwencje. Po pierwsze trudno jest ukryć stopień złożoności opisu przed mniej zaawansowanymi autorami ścieżek³⁹. Drugą konsekwencją jest ograniczenie zastosowania ścieżek do wąskiej dziedziny wiedzy. W przypadku ścieżek o szablonie „Edukacyjna Ścieżka Kliniczna” istniała duża zgodność zastosowania szablonu z dziedziną opisaną w modelu obiektowym GLIF. W przypadku pozostałych zastosowań programu Bit Pathways – np. budowa wirtualnych pacjentów lub innych, nieopisywanych tu, a w praktyce wykorzystania programu spotykanych zastosowań, jak np. ścieżki chemiczne [96] albo ścieżki antropologiczne [162] wiedza zgromadzana w podstawowym modelu GLIF może utrudniać uzyskanie przejrzystego modelu ścieżki w innym zastosowaniu. Dla przykładu wykorzystywany m.in. jako węzeł startowy i końcowy element *Patient_State_Step* posiada takie właściwości jak *patient_state_description* (formalny opis stanu pacjenta) czy *new_encounter* (informacja czy jest to pierwsza wizyta pacjenta), które trudno jest wykorzystać np. w ścieżce chemicznej pokazującej sposób postępowania w przypadku analizowanej substancji, czy antropologicznej, gdzie analizowane są pradawne szczątki człowieka. Można wprowadzić utworzyć nową klasę dziedziczącą z abstrakcyjnej klasy *Guideline_Step*, jest to jednak dużo trudniejsze w realizacji technicznej i opisie dla specjalisty „nie-informatyka” chcącego wykorzystać system w dydaktyce, niż zmiana szablonu atrybutów.

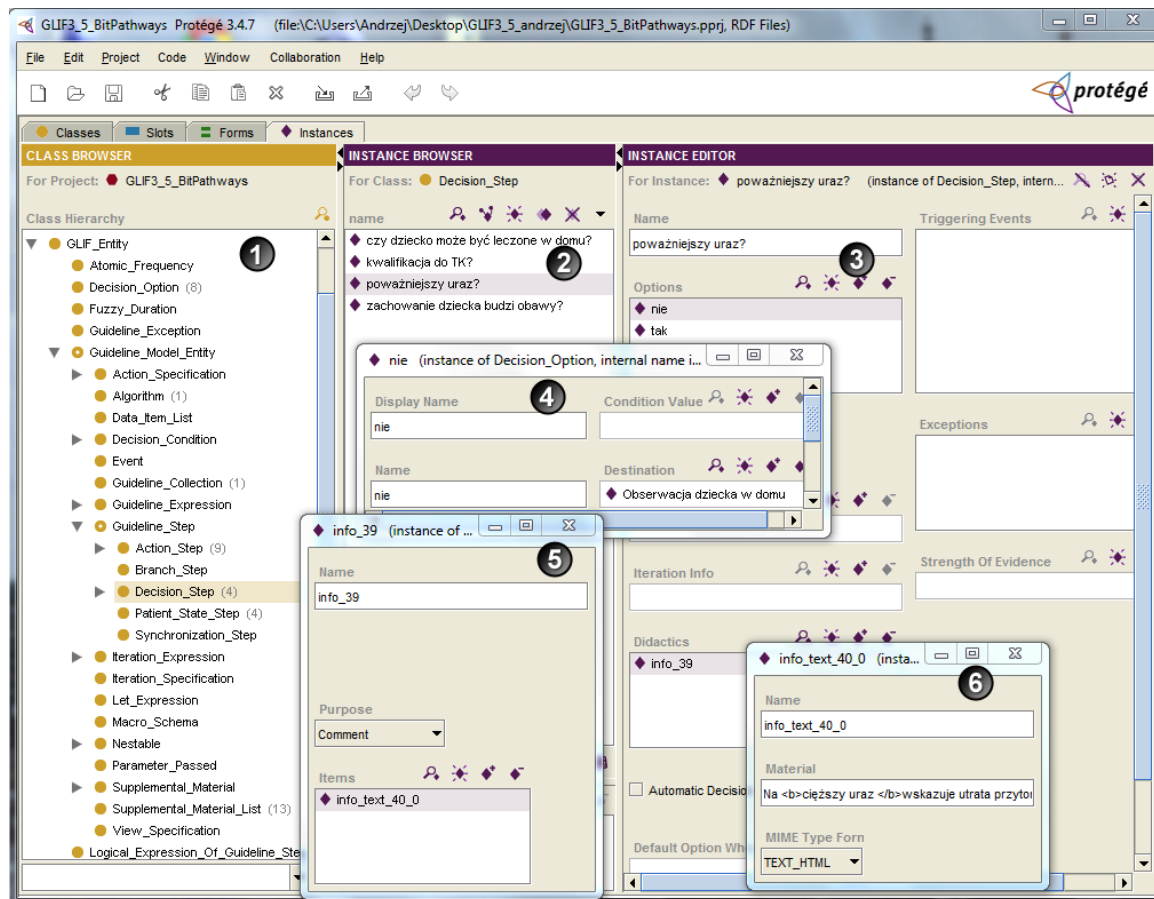
8.5.3.3. Ścieżka Bit Pathways po eksporcie w systemie Protégé

Edukacyjna ścieżka kliniczna przedstawiona w punkcie 8.5.1 została zapisana z poziomu programu Bit Pathways do postaci zgodnej z modelem GLIF. W implementacji funkcji eksportu do formatu GLIF wykorzystano bibliotekę Jena w wersji 2.6.4 [193]. Wynikowy plik w formacie RDF dostępny jest na płycie CD dołączonej do pracy (plik `/export/glif/mih.rdf`). Najbardziej popularnym obecnie edytorem ścieżek GLIF jest powstały na uniwersytecie Stanforda program Protégé [133]. Rysunek 53 pokazuje opracowaną w programie Bit Pathways ścieżkę edukacyjną dotyczącą urazów głowy u dzieci po imporcie do środowiska Protégé 3.4.7.

Plik został dodany do projektu zawierającego klasy ontologii GLIF w wersji 3.5. Panel oznaczony na rysunku cyfrą 1 zawiera fragment drzewa klas GLIF. W nawiasach okrągłych przy nazwie klas wypisana jest liczba instancji danej klasy w importowanej ścieżce. Dla przykładu, po przeniesieniu do programu Protégé testowej ścieżki z programu Bit Pathways utworzono 9 instancji klasy *Action_Step*. Ze względu na ograniczone miejsce na rysunku, nie wszystkie klasy są pokazane (np. brakuje dziedziczących z klasy *Supplemental_Material* klas obiektów dydaktycznych *TextMaterial*, *Material_URL*, *Keyword_Didactics*). Panel oznaczony cyfrą 2 przedstawia wszystkie instancje elementów decyzyjnych (*Decision_Step*), z których wybrana została jedna reprezentująca decyzje o kwalifikacji stopnia ciężkości urazu (numer 5. na rysunku 51. przedstawiającym oryginalną edukacyjną ścieżkę kliniczną). Panel 3. na rysunku 53 pokazuje

³⁹ Autorzy specyfikacji GLIF zrealizowali taki mechanizm na poziomie dostępu określonych grup użytkowników do wybranych podścieżek. Ukrywanie atrybutów było planowaną, ale niezrealizowaną jeszcze funkcją języka.

opcje, jakie ma do wyboru lekarz po przejściu do decyzji „poważniejszy uraz?”. W wyborze opcji „tak” lub „nie” pomaga lista materiałów informacyjnych połączonych z węzłem dydaktycznym (panel 5), których treść (panel 6) została przeniesiona z edukacyjnej ścieżki klinicznej. Przy imporcie pliku nie napotkano na żadne trudności, co potwierdza powodzenie weryfikacji scenariusza.



Rys. 53. Ścieżka edukacyjna „Lekkie urazy głowy u dzieci” po eksporcie w formacie zgodnym ze specyfikacją GLIF i otwarciu w narzędziu Protégé.

8.5.4. Dalsze plany rozwoju funkcji eksportu ścieżek z systemu Bit Pathways

Przedstawione w niniejszym rozdziale przykłady zakończonego powodzeniem eksportu edukacyjnych ścieżek klinicznych do innych formatów pokazują uniwersalność zastosowanego modelu oraz przydatności narzędzia w ponownym wykorzystaniu edukacyjnych ścieżek klinicznych. Lista formatów eksportu może być dalej rozszerzana – do potencjalnych kandydatów należy format grafiki wektorowej SVG czy graficzny język opisu procesów biznesowych BPML. Analiza możliwości specyfikacji, do jakich eksportowane były ścieżki dostarczają pomysłów na dalszą rozbudowę narzędzia – np. wbudowanie funkcji oceny punktacji wirtualnych pacjentów w modelu rozgałęzionym (specyfikacja MVP), albo stworzenie poszerzonej warstwy kontekstu z elementami programowania równoległego dla bardziej zaawansowanych użytkowników (specyfikacja GLIF).

9. Podsumowanie

9.1. Dyskusja osiągniętych wyników

Celem pracy było sprawdzenie przydatności i efektywności wykorzystania w (e-)nauczaniu medycyny wspomaganych komputerowo edukacyjnych ścieżek klinicznych.

W ramach rozprawy zaproponowane zostały trzy scenariusze wykorzystania ścieżek w praktyce nauczania szkoły medycznej:

1. nauczanie przez **analizę** gotowych ścieżek edukacyjnych przygotowanych przez ekspertów,
2. nauczanie przez **tworzenie** przez studentów własnych ścieżek edukacyjnych,
3. tworzenie nowych materiałów e-nauczania medycznego na podstawie edukacyjnych ścieżek klinicznych.

Dla realizacji zamierzonych zadań badawczych należało zbudować własny program. Analiza dostępnego oprogramowania wykazała bowiem, iż nie istnieje narzędzie spełniające wszystkie wymagania opracowanych scenariuszy edukacyjnych. Zaprojektowano i zaimplementowano więc nowy system informatyczny, nazwany Bit Pathways, działający początkowo jako rozszerzenie szwajcarskiego modelu >>mipp>, a następnie wykorzystywany jako w pełni samodzielny produkt. Narzędzie to implementowane było techniką przyrostową. Jego pierwsza wersja wdrożona była w cykl nauczania w roku akademickim 2007/08. Narzędzie to w nowszych edycjach jest w użyciu do chwili obecnej, przy czym wykorzystywane jest w coraz szerszym zakresie. Przedstawione w pracy wyniki badań ankietowych przeprowadzonych wśród studentów medycyny i wśród nauczycieli akademickich przekonują, iż implementacja tego narzędzia osiągnęła poziom akceptowalny przez użytkowników. Wykazano też, że zbudowany system cechuje się intuicyjnością użycia oraz przystosowaniem do pracy w warunkach uczelni medycznej.

Podlegającą weryfikacji tezą pracy było, iż wspomagane komputerowo ścieżki kliniczne poprawiają efektywność nauczania na uczelni medycznej. Weryfikacji tej tezy dokonano z wykorzystaniem wzmiankowanego wyżej systemu Bit Pathways przy zastosowaniu trzech scenariuszy opisanych szczegółowo w tekście pracy. W eksperymentalnej weryfikacji według pierwszego scenariusza pokazano, iż studenci szybciej wyszukują potrzebne im informacje w udostępnionej im ścieżce klinicznej niż w tradycyjnym artykule, popełniając przy tym mniej błędów. Największą różnicę na korzyść ścieżek zaobserwowano w pytaniach dotyczących wyboru właściwej metody diagnostycznej/terapeutycznej i w zadaniach dotyczących wskazania właściwej kolejności zalecanych czynności klinicznych.

Weryfikacja z użyciem scenariusza drugiego pokazała rosnący poziom zainteresowania studentów tematyką ścieżek klinicznych. Test retencji wiedzy przeprowadzony na miesiąc po utworzeniu ścieżki pokazał trwały przyrost wiedzy w wyniku realizacji scenariusza drugiego w porównaniu do grupy kontrolnej. Zestawienie wyników nauczania według scenariusza pierwszego i drugiego pokazało na miesiąc

po eksperymencie wyższy poziom wiedzy i lepszy poziom satysfakcji wśród studentów w przypadku analizy ścieżek stworzonych przez eksperta, niż w czasie nauki poprzez samodzielne tworzenie ścieżek. Trzeba jednak w tym miejscu podkreślić, iż scenariusz drugi jest bardziej uniwersalny, niż pierwszy i uczy dodatkowych umiejętności jak np. współpraca w grupie, krytyczna analiza tekstu naukowego, umiejętność tworzenia abstrakcji szczegółowych instrukcji i przekształcania ich do postaci ogólnego algorytmu. Umiejętności te trudno jest uchwycić stosując jako kryterium oceny jedynie test wiedzy.

W ostatnim scenariuszu pokazano, iż ścieżki edukacyjne utworzone przez ekspertów lub bardziej udane ścieżki kliniczne mogą stać się podstawą do utworzenia innego typu materiału edukacyjnego, takiego jak wirtualny pacjent czy interpretowalna komputerowo ścieżka kliniczna, oszczędzając w ten sposób czas potrzebny na przygotowanie procesu nauczania. Możliwość konwersji ścieżek z modelu Bit Pathways do innych formatów pokazuje także na uniwersalność zaproponowanego rozwiązania.

9.2. Plan dalszych prac

W trakcie powstawania pracy pojawił się pomysł na czwarty scenariusz wykorzystania edukacyjnych ścieżek klinicznych: jako metody testowania wiedzy studenckiej. Dalsze prace skupią się nad empiryczną weryfikacją przydatności ścieżek w takim scenariuszu. Problemem wykorzystywanych w pracy testów był niski wskaźnik rzetelności (wewnętrznej spójności) testów wiedzy, wynikający z jednej strony z trudności mierzenia tak szerokiego pojęcia jakim jest „wiedza medyczna”, z drugiej strony z braku możliwości wcześniejszego przetestowania narzędzi oceny wiedzy. W przyszłych pracach planowane jest takie dobranie tematu eksperymentu, by dostępne były dla niego lepiej przetestowane skale ocen. Interesującym będzie też skonfrontowanie wyników osiągniętych w wyniku analizy ścieżek klinicznych z innymi interaktywnymi metodami prezentacji wiedzy w medycynie, na przykład z wirtualnymi pacjentami. Możliwa jest również ściślejsza integracja ścieżek klinicznych z innymi systemami edukacyjnymi, tak by można było utworzyć (lub uzupełnić) edukacyjną ścieżkę kliniczną traktując to jako zadanie w ramach „rozwiązywania wirtualnego pacjenta”.

9.3. Zakończenie

Praca prezentowała nową, rzadko spotykaną w praktyce, formę e-nauczania: edukacyjne ścieżki kliniczne. W ramach realizacji przewodu doktorskiego autor zaprojektował, zaimplementował, wdrożył i przetestował własny system wspomaganego nauczania medycznego, wykazujący aktywność na wszystkich czterech poziomach hierarchii osiągnięć informatyki medycznej zdefiniowanych przez Friedmanna. Powstały system może stanowić platformę realizacji wielu dalszych ćwiczeń na kierunku lekarskim (i na kierunkach pokrewnych) oraz umożliwić przeprowadzenia kolejnych badań naukowych nad wykorzystaniem komputerów w zdobywaniu i przekazywaniu wiedzy medycznej.

A. Opis zawartości załączonej płyty CD

Tabela 50 zawiera opis zawartości katalogów na płycie CD dołączonej do niniejszej pracy. Katalogi wymienione zostały w kolejności alfabetycznej.

Tab. 50. Opis zawartości płyty CD dołączonej do pracy

Nazwa katalogu	Opis zawartości katalogu
\export\glif	Plik w formacie RDF oraz projekt Protégé z testową edukacyjną ścieżką kliniczną utworzoną w programie Bit Pathways, a następnie eksportowaną do modelu GLIF (opis 8.5.3).
\export\mvp	Pakiet MVP zawierający wirtualnego pacjenta utworzonego na podstawie testowej edukacyjnej ścieżki klinicznej w programie Bit Pathways (opis 8.5.2).
\export\source	Testowa edukacyjna ścieżka kliniczna dotycząca lekkich urazów głowy u dzieci utworzona w programie Bit Pathways (opis 8.5.1).
\model	Pliki gramatyki XSD modelu Bit Pathways (opis 5.1.3).
\source	Kod źródłowy edytora Bit Pathways (opis 6.2.1) oraz modułu nauczycielskiego Bit Pathways Teacher (opis 6.2.2).
\templates	Użyte w pracy pliki szablonów Bit Pathways (opis 5.1.2 oraz załącznik 10.2).
\text	Wersja elektroniczna tekstu niniejszej pracy wraz z załącznikiem

B. Bibliografia

- [1] Abdi, H. (2007), 'The Kendall Rank Correlation Coefficient', **in:** Salkind, N., ed., *Encyclopaedia of Measurement and Statistics*, Thousand Oaks (CA): Sage, 1-7. [R8.1]⁴⁰
- [2] Abel, W. M. & Freeze, M. (2006), 'Evaluation of concept mapping in an associate degree nursing program.', *J Nurs Educ* **45**(9), 356-364. [R3.3]
- [3] Allen, D. & Tanner, K. (2003), 'Approaches to cell biology teaching: mapping the journey-concept maps as signposts of developing knowledge structures.', *Cell Biol Educ* **2**(3), 133-136. [R3.3]
- [4] Bailey, R. E. (1994), 'Diagnosis and treatment of infectious mononucleosis.', *Am Fam Physician* **49**(4), 879-888. [R8.3]
- [5] Balasubramaniam, C. & Poulton T. (2008) 'eViP: Electronic virtual patients', *The Newsletter of the Higher Education Academy Subject Centre for Medicine, Dentistry and Veterinary Medicine*, **01.16**, 6-7. [R1]
- [6] Baum, E. & Peters, K. M. (2008), 'The diagnosis and treatment of primary osteoporosis according to current guidelines.', *Dtsch Arztebl Int* **105**(33), 573-582. [R8.3]
- [7] Beckman, T. J.; Ghosh, A. K.; Cook, D. A.; Erwin, P. J. & Mandrekar, J. N. (2004), 'How reliable are assessments of clinical teaching? A review of the published instruments.', *J Gen Intern Med* **19**(9), 971-977. [R8.1]
- [8] le Beux, P. & Fieschi, M. (2007), 'Virtual biomedical universities and e-learning.', *Int J Med Inform* **76**(5-6), 331-335. [R1]
- [9] de Bleser, L.; Depreitere, R.; Waele, K. D.; Vanhaecht, K.; Vlayen, J. & Sermeus, W. (2006), 'Defining pathways.', *J Nurs Manag* **14**(7), 553-563. [R3.1]
- [10] Booch, G.; Rumbaugh, J. & Jacobson, I. (2002), *UML przewodnik użytkownika*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. [R4.1]
- [11] Boxwala, A. A.; Peleg, M.; Tu, S.; Ogunyemi, O.; Zeng, Q. T.; Wang, D.; Patel, V. L.; Greenes, R. A. & Shortliffe, E. H. (2004), 'GLIF3: a representation format for sharable computer-interpretable clinical practice guidelines.', *J Biomed Inform* **37**(3), 147-161. [R3.1] [R8.5]
- [12] Brooks, F. & Iverson, K. (1969), *Automatic Data Processing*. John Wiley. [R5.2]
- [13] Burzykowski, T.; Kawalec, E.; Kraszewska, E. & Kupść, W. (2009), *Angielsko-polski słownik terminów biostatystyki klinicznej*, medipage, Warszawa. [R8.2]
- [14] Butzlaff, M.; Vollmar, H. C.; Floer, B.; Koneczny, N.; Isfort, J. & Lange, S. (2003), 'Learning with computerized guidelines in general practice?: A randomized controlled trial.', *Fam Pract* **21**(2), 183-188. [R3.1]
- [15] Cała, J. & Czekierda, Ł. (2003), 'TeleDICOM – environment for collaborative medical consultations', 'International Conference on E-health in Common Europe', 307-322. [R2]
- [16] Campbell, H.; Hotchkiss, R.; Bradshaw, N. & Porteous, M. (1998), 'Integrated care pathways.', *BMJ* **316**(7125), 133-137. [R1] [R3.1]
- [17] Chueh, H. & Barnett, G. O. (1997), '"Just-in-time" clinical information.', *Acad Med* **72**(6), 512-517. [R3.3] [R8.2]

⁴⁰ Zapis w kwadratowych nawiasach dodany na koniec każdej pozycji bibliograficznej informuje o numerze rozdziału, w którym dana pozycja została zacytowana.

- [18] Cichoń, A. (2006), 'Budowa sieciowego systemu wspomagania tworzenia wytycznych klinicznych w oparciu o technologię Portlet', Praca magisterska, Uniwersytet Jagielloński. [R3.1]
- [19] Clark, W. & Gantt, H. (1922), *The Gantt chart, a working tool of management*, New York, Ronald Press. [R3.1]
- [20] de Clercq, P. A.; Blom, J. A.; Korsten, H. H. M. & Hasman, A. (2004), 'Approaches for creating computer-interpretable guidelines that facilitate decision support.', *Artif Intell Med* **31**(1), 1-27. [R1] [R3.1]
- [21] Cohen, J. (1988), *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, Lawrence Erlbaum Associates. [R8.1]
- [22] Cook, D. A. (2005), 'The research we still are not doing: an agenda for the study of computer-based learning.', *Acad Med* **80**(6), 541-548. [R2]
- [23] Cook, D. A. & Beckman, T. J. (2006), 'Current concepts in validity and reliability for psychometric instruments: theory and application.', *Am J Med* **119**(2), 166.e7-166.16. [R8.1]
- [24] Cook, D. A.; Levinson, A. J.; Garside, S.; Dupras, D. M.; Erwin, P. J. & Montori, V. M. (2008), 'Internet-based learning in the health professions: a meta-analysis.', *JAMA* **300**(10), 1181-1196. [R2]
- [25] Cook, D. A. & Triola, M. M. (2009), 'Virtual patients: a critical literature review and proposed next steps.', *Med Educ* **43**(4), 303-311. [R1] [R2]
- [26] Cook, D. A. (2009), 'The failure of e-learning research to inform educational practice, and what we can do about it.', *Med Teach* **31**(2), 158-162. [R2]
- [27] Cook, D. A.; Erwin, P. J. & Triola, M. M. (2010), 'Computerized virtual patients in health professions education: a systematic review and meta-analysis.', *Acad Med* **85**(10), 1589-1602. [R2]
- [28] Cook, D. A.; Garside, S.; Levinson, A. J.; Dupras, D. M. & Montori, V. M. (2010), 'What do we mean by web-based learning? A systematic review of the variability of interventions.', *Med Educ* **44**(8), 765-774. [R2]
- [29] Cortina, J. M. (1993), 'What Is Coefficient Alpha? An Examination of Theory and Applications', *Journal of Applied Psychology* **78**(1), 98-104. [R8.1]
- [30] Craddock, M. (2003), 'Building a computerised care pathway: practical lessons', in: de Luc, K. & Todd, J., ed., *e-Pathways - computers and the patient's journey through care*, Radcliffe Medical Press, 81-105. [R3.1]
- [31] Craik, F. I. & Lockhart, R. S. (1972), 'Levels of processing: A framework for memory research', *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior* **11**(6), 671-684. [R3.3] [R8.4]
- [32] Cronbach, L. J. (2004), 'My Current Thoughts on Coefficient Alpha and Successor Procedures', *Educational and Psychological Measurement* **64**(3), 391-418. [R8.1]
- [33] Cronbach, L. J. (1951), 'Coefficient alpha and the internal structure of tests.', *Psychometrika* **16**(3), 297-334. [R8.1]
- [34] D'Antoni, A. V.; Zipp, G. P. & Olson, V. G. (2009), 'Interrater reliability of the mind map assessment rubric in a cohort of medical students.', *BMC Med Educ* **9**, 19. [R3.3]
- [35] Daley, B. J. & Torre, D. M. (2010), 'Concept maps in medical education: an analytical literature review.', *Med Educ* **44**(5), 440-448. [R3.3]
- [36] Davidowitz, B. & Rollnick, M. (2001), 'Effectiveness of Flow Diagrams as a Strategy for Learning in Laboratories', *Australian Journal of Educational Chemistry* **57**, 18-24. [R3.3]
- [37] Davies, D.; Kononowicz, A. A.; Zary, N.; Hege, I.; Donkers, J.; Heid, J.; Woodham, L. & Calinici, T. (2010), 'Implementing a repository of virtual patients: ensuring findability of resources', 'AMEE e-learning symposium, Glasgow, UK'. [R2]

- [38] Deakin, C. D.; Nolan, J. P.; Soar, J.; Sunde, K.; Koster, R. W.; Smith, G. B. & Perkins, G. D. (2010), 'European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 4. Adult advanced life support', *Resuscitation* **81**(10), 1305-1352. [R8.4]
- [39] Dolmans, D. H. J. M.; Grave, W. D.; Wolfhagen, I. H. A. P. & van der Vleuten, C. P. M. (2005), 'Problem-based learning: future challenges for educational practice and research.', *Med Educ* **39**(7), 732-741. [R3.3]
- [40] Ellaway R, Candler C & Greene P. (2006), 'An architectural model for MedBiquitous virtual patient.' MedBiquitous [R1]
- [41] Ellaway, R. & Masters, K. (2008), 'AMEE Guide 32: e-Learning in medical education Part 1: Learning, teaching and assessment.', *Med Teach* **30**(5), 455-473. [R2]
- [42] Ellaway, R.; Poulton, T.; Fors, U.; McGee, J. B. & Albright, S. (2008), 'Building a virtual patient commons.', *Med Teach* **30**(2), 170-174. [R1]
- [43] Ellaway, R.; Poulton, T.; Smothers, V. & Greene, P. (2009), 'Virtual patients come of age.', *Med Teach* **31**(8), 683-684. [R1]
- [44] Eriksson, H.; Tu, S. W. & Musen, M. (2005), 'Semantic clinical guideline documents.', *AMIA Annu Symp Proc*, 236-240. [R3.1]
- [45] Farrand, P.; Hussain, F. & Hennessy, E. (2002), 'The efficacy of the 'mind map' study technique.', *Med Educ* **36**(5), 426-431. [R3.3] [R8.4]
- [46] Fischer, M. R., (2000), 'CASUS – An authoring and learning tool supporting diagnostic reasoning' in: Daetwyler, C., ed. *Use of computers in medical education (Part II)*, Zeitschrift für Hochschuldidaktik, 87-98. [R1] [R2] [R8.5]
- [47] Friedman, C. P. (1995), 'Where's the science in medical informatics?', *J Am Med Inform Assoc* **2**(1), 65-67. [R2]
- [48] Fox, J.; Johns, N.; Lyons, C.; Rahmanzadeh, A.; Thomson, R. & Wilson, P. (1997), 'PROforma: a general technology for clinical decision support systems.', *Comput Methods Programs Biomed* **54** (1-2), 59-67. [R3.1]
- [49] Garde, S.; Heid, J.; Haag, M.; Bauch, M.; Weires, T. & Leven, F. J. (2007), 'Can design principles of traditional learning theories be fulfilled by computer-based training systems in medicine: the example of CAMPUS.', *Int J Med Inform* **76**(2-3), 124-129. [R8.5]
- [50] Geary, D. & Horstmann, C. S. (2008), *JavaServer Faces*, Helion. [R6.1]
- [51] Ginsberg, J.; Kearon, C. & Hirsh, J. (2000), *Zakrzepica żylna - rozstrzygające decyzje kliniczne*, alfa-medica press. [R3.3]
- [52] Gottstein, B.; Pozio, E. & Nöckler, K. (2009), 'Epidemiology, diagnosis, treatment, and control of trichinellosis.', *Clin Microbiol Rev* **22**(1), 127-45. [R8.3]
- [53] Gryglas P. (2007), 'Nadciśnienie tętnicze u kobiet ciężarnych', *Przew Lek*, 8: 40-45 [R8.3].
- [54] Grzeszczak W. (ed.) (2008), Zalecenia kliniczne dotyczące postępowania u chorych na cukrzycę, *Diabetologia Praktyczna* 9(Supl. A), A1-A49 [R8.3].
- [55] Haase, C. & Guy, R. (2008), *Filthy rich clients*, Addison-Wesley. [R6.1]
- [56] Hagerty, C. G.; Pickens, D.; Kulikowski, C. & Sonnenberg, F. (2000), 'HGML: a hypertext guideline markup language.', *Proc AMIA Symp*, 325-329. [R3.1]
- [57] Heeks, R. (2006), 'Health information systems: failure, success and improvisation.', *Int J Med Inform* **75**(2), 125-137. [R3.3]
- [58] Hege, I.; Adler, M.; Kononowicz, A.A.; Pfähler, M. & Kühne, F. (2009), 'Creating and exchanging exams using standard conformant virtual patients', AMEE2009, Malaga, Spain'. [R2]

- [59] Hege, I.; Kononowicz, A.; Pfähler, M.; Adler, M. & Fischer M.R. (2009), 'Implementation of the MedBiquitous Standard into the learning system CASUS', *Bio-Algorithms and Med-Systems* **5**(9), 51-55. [R2]
- [60] Hellmann, W. (2002), 'Einführung von Klinischen Pfaden in deutschen Krankenhäusern – Nutzen, Hemmnisse und terminologische Problematik', **in:** Hellmann, W., ed., *Klinische Pfade: Konzepte Umsetzung, Erfahrungen*, ecomed, 11-18. [R3.1]
- [61] Hicks-Moore, S. L. (2005), 'Clinical concept maps in nursing education: An effective way to link theory and practice.', *Nurse Educ Pract* **5**(6), 348-352. [R3.3]
- [62] Holler, T.; Schmid, K.; Müller, H.; Reemts, C.; Bissat, K. & Rieben, E. (2002), 'Praktische Pfadarbeit - Konstruktion, Implementierung und Controlling von Patientenpfaden', **in:** Hellmann, W., ed., *Klinische Pfade: Konzepte Umsetzung, Erfahrungen*, ecomed, 38-129. [R1] [R3.3]
- [63] Holtzman, J.; Bjerke, T. & Kane, R. (1998), 'The effects of clinical pathways for renal transplant on patient outcomes and length of stay.', *Med Care* **36**(6), 826-834. [R3.1]
- [64] Horner, P. J. (2001), 'European guideline for the management of urethritis.', *Int J STD AIDS* **12 Suppl 3**, 63-67 [R8.3]
- [65] Hornowska, E. (2005), *Testy psychologiczne. Teoria i praktyka*. Scholar. [R8.1]
- [66] Hripcsak, G. (1991), 'Arden Syntax for Medical Logic Modules.', *MD Comput* **8**(2), 76, 78. [R3.1]
- [67] Huang, G.; Reynolds, R. & Candler, C. (2007), 'Virtual patient simulation at US and Canadian medical schools.', *Acad Med* **82**(5), 446-451. [R1] [R2] [R8.5]
- [68] Huwendiek, S.; de Leng, B. A.; Zary, N.; Fischer, M. R.; Ruiz, J. G. & Ellaway, R. (2009), 'Towards a typology of virtual patients.', *Med Teach* **31**(8), 743-748. [R1]
- [69] Hyla, M. (2007), *Przewodnik po e-learningu*, Wydawnictwo Wolters Kluwer. [R2]
- [70] Iacobucci, D. & Duhachek, A. (2003), 'Advancing Alpha: Measuring Reliability With Confidence', *Journal of Consumer Psychology* **13**(4), 478-487. [R8.1]
- [71] IEEE (2007), 'The Institute of Electrical and Electronics Engineers Standards Board: Recommended Practice for Architectural Description of Software-Intensive Systems', ISO/IEC 42010:2007(E) IEEE Std 1471-2000 [R5.2]
- [72] Isern, D. & Moreno, A. (2008), 'Computer-based execution of clinical guidelines: a review.', *Int J Med Inform* **77**(12), 787-808. [R3.1]
- [73] ISO 5807 (1985), 'Information processing – Documentation symbols and conventions for data, program and system flowcharts, program network charts and system resources charts', International Organization for Standardization. [R3.1]
- [74] Issenberg, S. B.; McGaghie, W. C.; Petrusa, E. R.; Gordon, D. L. & Scalese, R. J. (2005), 'Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review.', *Med Teach* **27**(1), 10-28. [R1]
- [75] Jenders, R. A. & Sailors, R. M. (2004), 'Convergence on a standard for representing clinical guidelines: work in health level seven.', *Stud Health Technol Inform* **107**(1), 130-134. [R3.1]
- [76] Johnson, P. D.; Tu, S. W.; Musen, M. A. & Purves, I. (2001), 'A virtual medical record for guideline-based decision support.', *Proc AMIA Symp*, 294-298. [R3.1] [R5.1]
- [77] Joubert, J. (2005), 'Migraine—diagnosis and treatment.', *Aust Fam Physician* **34**(8), 627-632. [R8.3]
- [78] Kelley, J. & Walker, M. (1959), 'Critical-Path Planning and Scheduling', 'Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference'. [R3.1]
- [79] Kempkens, D.; Hege, I.; de Leng, B.; Fors, U.; Huwendiek, S.; Kononowicz, A.A.; Poulton, T. & Fischer, M. (2010), 'Estimation Of Time And Efforts For Repurposing Virtual Patients – Experiences

- From The Electronic Virtual Patient Project (eViP)', 2nd International Conference on Virtual Patients & MedBiquitous Annual Conference, London, UK'. [R2]
- [80] Kinsman, L.; Rotter, T.; James, E.; Snow, P. & Willis, J. (2010), 'What is a clinical pathway? Development of a definition to inform the debate.', *BMC Med* **8**, 31. [R3.1]
- [81] Kirschner P.A. & Paas F. (2001), 'Web-enhanced higher education: a tower of Babel', *Computers in Human Behavior*, **17**, 347-353 [R1]
- [82] Koning, A. J. & Franses, P. H. (2003), 'Confidence Intervals for Cronbach's Coefficient Alpha Values', Technical report, ERIM Report Series Reference No. ERS-2003-041-MKT. [R8.1]
- [83] Kononowicz, A. A. (2004), 'Anstat Beans – Visuelle Komponenten zur Erstellung von didaktischen Applets für die Statistiklehre', Technical report, Technical University Clausthal. [R2]
- [84] Kononowicz, A. A.; Żabińska-Popieła, M.; Roterman-Konieczna, I. & Krzysiek, J. (2005), 'A Case-Based Examination System with Multiple Answer Paths', 'AMEE 2005, Amsterdam, The Netherlands'. [R2]
- [85] Kononowicz, A. A.; Żabińska Popieła, M.; Roterman-Konieczna, I. & Krzysiek, J. (2005), 'A Multi-path Computer-based Examination System for Students of Medicine', *Bio-Algorithms and Med-Systems* **1**(1-2), 165-170. [R2]
- [86] Kononowicz, A. A. & Roterman-Konieczna, I. (2006), 'Platforma e-learningowa Blackboard na uczelni medycznej', 'Dzień Otwarty Cyfronetu'. [R2]
- [87] Kononowicz, A. A. & Roterman-Konieczna, I. (2006), 'E-Learning as a New Tool in Medicine Teaching on the Example of an Introductory Statistics Course', *Bio-Algorithms and Med-Systems* **2**(3), 71-75. [R2]
- [88] Kononowicz, A. A.; Obtulowicz, P.; Pyrczak, W. & Roterman-Konieczna, I. (2007), 'Two years of experience in medical e-learning', 'Learning together to work together, EIPEN International Conference'. [R2]
- [89] Kononowicz, A. A.; Stachoń, A. & Roterman-Konieczna (2008), 'Czy przyszłością nauczania medycyny są wirtualne kliniki?', in: I.Rak, R.; Galwas, B. & Piwowarska, E., ed., *Postępy e-edukacji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 317-325. [R2]
- [90] Kononowicz, A. A. (2008), 'E-Nauczanie w Komunikacji Medycznej', 'Konferencja "Komunikacja a rozwój lokalny i regionalny", Kraków'. [R2]
- [91] Kononowicz, A. A. (2008), 'Building clinical pathways by postgraduate students as a method of improving knowledge about the patient's journey through a hospital', 'AMEE 2008, Prague, Czech Republic'. [R2]
- [92] Kononowicz, A. A.; Stachoń, A. & Roterman-Konieczna, I. (2008), 'Wirtualny pacjent jako narzędzie nauczania problemowego w kontekście europejskiego projektu eViP', *e-mentor* **1**(23), 26-30. [R2] [R8.5]
- [93] Kononowicz, A. A.; Stachoń, A.; Romanowska-Pawliczek, A.; Obtulowicz, P. & Pyrczak, W. (2008), 'Learning-By-E-Teaching: Experience From Involving Students in Preparation of E-Learning Materials', *Bio-Algorithms and Med-Systems* **4**(7), 61-68. [R2]
- [94] Kononowicz, A. A. & Wiśniowski, Z. (2008), 'MPEG-7 as a metadata standard for indexing of surgery videos in medical e-learning', *Lecture Notes in Computer Science* **5103**, 188-197. [R2]
- [95] Kononowicz, A. A. & Holler, T. (2008), 'The development of a tool for teaching and learning clinical pathways', *Bio-Algorithms and Med-Systems* **4**(8), 33-40. [R2] [R3.2]
- [96] Kononowicz, A. A. & Roterman-Konieczna, I. (2009), 'Chemical Pathways – visualisation of classical analytical procedures in chemistry by the use of flow charts', *Bio-Algorithms and Med-Systems* **5**(9), 121-126. [R2]

- [97] Kononowicz, A. A.; Heid, J.; Donkers, J.; Hege, I.; Woodham, L. & Zary, N. (2009), 'Development and validation of strategies to test for interoperability of virtual patients.', *Stud Health Technol Inform* **150**, 185-189. [R2] [R4.1] [R8.5]
- [98] Kononowicz, A. A. (2009), 'Szpitalny system obsługi pacjenta', **in:** Tadeusiewicz R. & Augustyniak P., ed., *Podstawy inżynierii biomedycznej*, Wydawnictwo AGH, 399-424. [R5.1]
- [99] Kononowicz, A. A. & Stachoń A., (2010), 'Adaptacja Istniejących Elektronicznych Zasobów Dydaktycznych jako Szansa na Dynamiczny Rozwój e-Nauczania – Doświadczenia Projektu Europejskiego eViP', **in:** Banachowski, L., ed., *Postępy e-edukacji*, Oficyna Wydawnicza PJWSTK, 133-141. [R2]
- [100] Kononowicz, A. A. & Hege, I. (2010), 'Virtual patients as a practical realisation of the e-learning idea in medicine', **in:** Soomro, S., ed., *E-learning, experience and future*, In-Teh, 345-370. [R2] [R8.5]
- [101] Kononowicz, A. A.; Krawczyk, P. & Stachoń, A. (2010), 'Virtual Patients in resuscitation training at Jagiellonian University Medical College', AMEE e-learning symposium, Glasgow, UK'. [R2]
- [102] Kononowicz, A. A. (2010), 'Erstellung von Pfaden als Methode zum besseren Verständnis von wissenschaftlichen Veröffentlichungen unter Medizinstudenten', 'GMA2010, Bochum, Germany'. [R2]
- [103] Kononowicz, A. A.; Stachoń, A. & Roterman-Konieczna, I. (2010), 'eViP – czyli wirtualny pacjent w Krakowie', 'Innovations in Medical Education Conference, Poznań, Poland'. [R2]
- [104] Kononowicz, A. A.; Stachoń, A.; Guratowska, M. & Krawczyk, P. (2010), 'To Start from Scratch or to Repurpose: That is the Question', *Bio-Algorithms and Med-Systems* **6**(11), 57-63. [R2]
- [105] Kononowicz, A. A.; Hege, I.; Adler, M.; de Leng, B.; Donkers, J. & Roterman, I. (2010), 'Integration Scenarios of Virtual Learning Environments with Virtual Patients Systems', *e-mentor* **5**(37), 82-86. [R2]
- [106] Kononowicz, A. A. (2011), Tworzenie Komputerowych Schematów Ścieżek Klinicznych Jako Metoda Wspomagania Procesu Edukacji Medycznej, *Postępy e-edukacji, w druku*. [R2]
- [107] Kononowicz, A. A. & Stachoń A. (2011), 'Wirtualny pacjent', **in:** Roterman-Konieczna, I., ed., *Elementy Informatyki Medycznej – część I*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, 75-131. [R2] [R8.5]
- [108] Kononowicz, A. A. & Sałapa K. (2011), 'Ścieżki kliniczne', **in:** Roterman-Konieczna, I., ed., *Elementy Informatyki Medycznej – część I*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, 43-73. [R2]
- [109] Kononowicz, A. A.; Zary, N.; Davies, D.; Heid, J.; Woodham, L. & Hege, I. (2011), 'Push and Pull Models to Manage Patient Consent and Licensing of Multimedia Resources in Digital Repositories for Case-Based Reasoning', *Stud Health Technol Inform* **169**, 203-207. [R2]
- [110] Kruszyna, T. (2008), 'Rak piersi u osób w starszym wieku - diagnostyka i leczenia', *Medycyna praktyczna - onkologia* **4**, 49-56. [R8.2]
- [111] Lasoń, W.; Kononowicz, A. A.; Obtulowicz, P. & Kułaga, T. (2008), 'Teledicom Enviroment as a Modern Telemedical Tool for Education of Medical Students', *Bio-Algorithms and Med-Systems* **4**(8), 63-68. [R2]
- [112] Laurillard, D. (2004), 'E-Learning in Higher Education', **in:** Ashwin, P., 'Changing Higher Education'. London: Routledge Falmer. [R1]
- [113] Lehmann, T. M. (2005), *Handbuch der Medizinischen Informatik*, Hansen. [R2]
- [114] de Leng, B.; Donkers, J.; Brasch, C.; Huwendiek, S. & Kononowicz A. A. (2009), 'Evaluation instruments to support educators in making deliberate choices when they use virtual patients to teach clinical reasoning', 'International Conference of Virtual Patients, Kraków, Poland'. [R2]
- [115] Likert, R. (1932), 'A Technique for the Measurement of Attitudes', *Archives of Psychology* **144**, 55. [R8.1]

- [116] Lindberg, D. A.; Humphreys, B. L. & McCray, A. T. (1993), 'The Unified Medical Language System.', *Methods Inf Med* **32**(4), 281-291. [R3.1]
- [117] Lindh, M.; Uhnoo, I.; Bläckberg, J.; Duberg, A.-S.; Friman, S.; Fischler, B.; Karlström, O.; Norkrans, G.; Reichard, O.; Sangfeldt, P.; Söderström, A.; Sönnnerborg, A.; Weiland, O.; Wejstål, R. & Wiström, J. (2008), 'Treatment of chronic hepatitis B infection: an update of Swedish recommendations.', *Scand J Infect Dis* **40**(6-7), 436-450. [R8.3]
- [118] de Luc, K.; D.Kitchiner; Layton, A.; Morris, M.; Murray, Y. & Overill, S. (2001), *Developing Care Pathways: the Handbook*, Radcliffe Medical Press. [R3.1]
- [119] Lückhoff, C. & Starr, M. (2010), 'Minor head injuries in children - an approach to management.', *Aust Fam Physician* **39**(5), 284-287. [R8.5]
- [120] Malcolm, D. G.; Roseboom, J. H.; Clark, C. E. & Fazar, W. (1959), 'Application of a Technique for Research and Development Program Evaluation', *Operations Research* **7**(5), 646-669. [R3.1]
- [121] Masters, K. & Ellaway, R. (2008), 'e-Learning in medical education Guide 32 Part 2: Technology, management and design.', *Med Teach* **30**(5), 474-489. [R2]
- [122] Matuszyk, D.; Guratowska, M.; Stachoń, A.; Dziedzic, M. & Kononowicz, A. A. (2011), **in:** *Postępy e-edukacji*, Wirtualni Pacjenci Jako Innowacyjna Metoda E-Learningowa Dla Studentów Położnictwa, w druku. [R2]
- [123] Mayer, R. E. (2009), *Multimedia Learning*, Cambridge Press. [R8.1]
- [124] McGaghie, W. C.; McCrimmon, D. R.; Mitchell, G.; Thompson, J. A. & Ravitch, M. M. (2000), 'Quantitative concept mapping in pulmonary physiology: comparison of student and faculty knowledge structures.', *Adv Physiol Educ* **23**(1), 72-81. [R3.3]
- [125] Meger, Z. (2006), 'Podstawy e-learningu. Od Shannona do konstruktywizmu.', *e-mentor* **4**(16), 35-42. [R3.3]
- [126] de Meo, S. (2007), 'Constructing a Graphic Organizer in the Classroom: Introductory Students' Perception of Achievement Using a Decision Map To Solve Aqueous Acid-Base Equilibria Problems', *Journal of Chemical Education* **84**(3), 540-546. [R3.3]
- [127] Michael, J. (2006), 'Where's the evidence that active learning works?', *Adv Physiol Educ* **30**(4), | 159-167. [R3.3]
- [128] Mrozowski, P. & Kononowicz, A. A. (2006), 'DSS-MEDA: A web-based framework for video annotation in medical e-learning', *Bio-Algorithms and Med-Systems* **2**(4), 51-56. [R2]
- [129] Mulyar, N.; van der Aalst, W. M. P. & Peleg, M. (2007), 'A pattern-based analysis of clinical computer-interpretable guideline modeling languages.', *J Am Med Inform Assoc* **14**(6), 781-787. [R3.1]
- [130] Musen, M. A.; Tu, S. W.; Das, A. K. & Shahar, Y. (1996), 'EON: a component-based approach to automation of protocol-directed therapy.', *J Am Med Inform Assoc* **3**(6), 367-388. [R3.1]
- [131] Nesbit, J. C. & Adesope, O. O. (2006), 'Learning with Concept and Knowledge Maps: A Meta-Analysis', *Review of Educational Research* **76**(3), 413-448. [R3.3]
- [132] Nolan, J. P. et al (2008), 'Post-cardiac arrest syndrome: epidemiology, pathophysiology, treatment, and prognostication. A Scientific Statement from the International Liaison Committee on Resuscitation; the American Heart Association Emergency Cardiovascular Care Committee; the Council on Cardiovascular Surgery and Anesthesia; the Council on Cardiopulmonary, Perioperative, and Critical Care; the Council on Clinical Cardiology; the Council on Stroke', *Resuscitation* **79**(3), 350-379. [R8.4]
- [133] Noy, N. F.; Sintek, M.; Decker, S.; Crubezy, M.; Fergerson, R. W. & Musen, M. A. (2001), 'Creating Semantic Web contents with Protege-2000', *IEEE Intelligent Systems*, **16**(2), 60-71 [R8.5]

- [134] Peleg, M.; Tu, S.; Bury, J.; Ciccarese, P.; Fox, J.; Greenes, R. A.; Hall, R.; Johnson, P. D.; Jones, N.; Kumar, A.; Miksch, S.; Quaglini, S.; Seyfang, A.; Shortliffe, E. H. & Stefanelli, M. (2003), 'Comparing computer-interpretable guideline models: a case-study approach.', *J Am Med Inform Assoc* **10**(1), 52-68. [R1] [R3.1]
- [135] Piech, K. (2003), 'Idea life-time-learning a kształcenie w systemie e-learning', *e-mentor* **1**, 15-17. [R3.3]
- [136] Pitt, H. A.; Murray, K. P.; Bowman, H. M.; Coleman, J.; Gordon, T. A.; Yeo, C. J.; Lillemoe, K. D. & Cameron, J. L. (1999), 'Clinical pathway implementation improves outcomes for complex biliary surgery.', *Surgery* **126**(4), 751-6.[R3.1]
- [137] Piwowar, M.; Kułaga, T.; Guratowska, M.; Stachoń, A. & Kononowicz, A. (2010), "'Genomiczny Wirtualny Pacjent': Metoda E-learningowa nie Tylko dla Lekarzy", 'Modelowanie Cybernetyczne Systemów Biologicznych, Kraków, Poland'. [R2]
- [138] POIG.01.03.01-00-145/08 (2009) 'Raport z realizacji zadania 1. Projektu' "Modelowanie repozytorium i analiza efektywności informacyjnej wytycznych i ścieżek klinicznych w służbie zdrowia", Raport techniczny, Wojskowa Akademia Techniczna. [R3.1]
- [139] Prusiński A. (2008), 'Migrena – rozpoznanie i leczenie', *Przew Lek* 2008, 2, 21-31. [R8.2]
- [140] Pyke, J. (2006), 'BPM in Context: Now and in the Future', in: Fischer, L., ed., *Workflow Handbook 2006*, Future Strategies Inc., 17-28. [R3.1]
- [141] Rendas, A. B.; Fonseca, M. & Pinto, P. R. (2006), 'Toward meaningful learning in undergraduate medical education using concept maps in a PBL pathophysiology course.', *Adv Physiol Educ* **30**(1), 23-29. [R3.3]
- [142] Ronellenfitsch, U.; Rössner, E.; Jakob, J.; Post, S.; Hohenberger, P. & Schwarzbach, M. (2008), 'Clinical Pathways in surgery: should we introduce them into clinical routine? A review article.', *Langenbecks Arch Surg* **393**(4), 449-457. [R3.1]
- [143] Rotter, T.; Kinsman, L.; James, E.; Machotta, A.; Gothe, H.; Willis, J.; Snow, P. & Kugler, J. (2010), 'Clinical pathways: effects on professional practice, patient outcomes, length of stay and hospital costs.', *Cochrane Database Syst Rev* **3**, CD006632. [R3.1]
- [144] Round, J.; Conradi, E. & Poulton, T. (2009), 'Training staff to create simple interactive virtual patients: the impact on a medical and healthcare institution.', *Med Teach* **31**(8), 764-769. [R3.3]
- [145] Royal College of Obstetricians (2009), 'Wypadanie płodu', *Medycyna Praktyczna – Ginekologia i Położnictwo*, **2**, 17-26.
- [146] Ruiz, J. G.; Mintzer, M. J. & Leipzig, R. M. (2006), 'The impact of E-learning in medical education.', *Acad Med* **81**(3), 207-212. [R1]
- [147] Saint, S.; Hofer, T. P.; Rose, J. S.; Kaufman, S. R. & McMahon, L. F. (2003), 'Use of critical pathways to improve efficiency: a cautionary tale.', *Am J Manag Care* **9**(11), 758-765. [R3.1]
- [148] Sałapa, K. & Stanisław, A. (2009), 'Statistical Pathways – A Method of visualization statistical rules', *Bio-Algorithms and Med-Systems* **5**(9), 127-131. [R1] [R2]
- [149] Sawiec, P. (2008), 'Najnowsze wytyczne rozpoznawania i leczenia alergicznego nieżyty nosa', *Medycyna praktyczna - pediatria* **3**, 30-43. [R8.2]
- [150] de Schipper, J. P.; ter Gunne, A. F. P.; Oostvogel, H. J. M. & van Laarhoven, C. J. H. M. (2009), „Spontaneous rupture of the oesophagus: Boerhaave's syndrome in 2008. Literature review and treatment algorithm.”, *Dig Surg* **26**(1), 1-6. [R8.4]
- [151] Schmitt, N. (1996), 'Uses and Abuses of Coefficient Alpha', *Psychological Assessment* **8**(4), 350-353. [R8.1]

- [152] Schneider, M. & Stern, E. (2010), 'The developmental relations between conceptual and procedural knowledge: a multimethod approach.', *Dev Psychol* **46**(1), 178-192. [R3.3]
- [153] Seyfang, A.; Miksch, S.; Marcos, M.; Wittenberg, J.; Polo-Conde, C. & Rosenbrand, K. (2006), 'Bridging the Gap between Informal and Formal Guideline Representations', in: Brewka, G.; Coradeschi, S.; Perini, A. & Traverso A., ed., *17th European Conference on Artificial Intelligence*, IOS Press, 141, 447-451. [R3.3]
- [154] Shahar, Y.; Young, O.; Shalom, E.; Galperin, M.; Mayaffit, A.; Moskovitch, R. & Hessing, A. (2004), 'A framework for a distributed, hybrid, multiple-ontology clinical-guideline library, and automated guideline-support tools.', *J Biomed Inform* **37**(5), 325-344. [R3.1]
- [155] Shiffman, R. N.; Karras, B. T.; Agrawal, A.; Chen, R.; Marengo, L. & Nath, S. (2000), 'GEM: a proposal for a more comprehensive guideline document model using XML.', *J Am Med Inform Assoc* **7**(5), 488-498. [R3.1]
- [156] Smothers, V.; Azan, B. & Ellaway, R. (2010), 'ANSI MedBiquitous Virtual Patient Standard', Technical report, MedBiquitous. [R8.5]
- [157] Sonnenberg, F. A. & Hagerty, C. G. (2006), 'Computer-interpretable clinical practice guidelines. Where are we and where are we going?', *Yearb Med Inform*, 145-158. [R1] [R3.1]
- [158] Sordo, M.; Ogunyemi, O.; Boxwala, A. A.; Greenes, R. A. (2003), 'Technical Report DSG-TR-2003-02: Software Specifications for GELLO: An Object-Oriented Query and Expression Language for Clinical Decision Support', Technical Report, Decision Systems Group, Brigham & Women's Hospital, Harvard Medical School, Boston, MA. [R5.1]
- [159] Sordo, M.; Ogunyemi, O.; Boxwala, A. A.; Greenes, R. A. (2003), 'Technical Report DSG-TR-2003-02: Software Specifications for GELLO: An Object-Oriented Query and Expression Language for Clinical Decision Support', Technical Report, Decision Systems Group, Brigham & Women's Hospital, Harvard Medical School, Boston, MA. [R5.1]
- [160] Sordo, M.; Boxwala, A. A.; Ogunyemi, O. & Greenes, R. A. (2004), 'Description and status update on GELLO: a proposed standardized object-oriented expression language for clinical decision support.', *Stud Health Technol Inform* **107**(1), 164-168. [R3.1]
- [161] Stachoń, A.; Kononowicz, A. A.; Roterman-Konieczna, I.; Hege, I.; Holzer, M.; Adler, M. & Fischer, M. (2008), 'Scenarios for the implementation of VPs into the medical curriculum by the example of JUMC's participation in the eViP-Programme', AMEE 2008, Prague, Czech Republic. [R2]
- [162] Stachoń, A. & Kononowicz, A. A. (2011), 'Educational Decision Diagrams In Biomedical And Life Sciences – Experience Gained From Introducing Into Anthropology', *Bio-Algorithms and Med-Systems* **7**(13), 17-22. [R2] [R7.1]
- [163] Stanisław, A. (2006), *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny*, StatSoft Polska Sp. z o.o., Kraków. [R8.1] [R8.2]
- [164] Stein, M. (2006), 'The Map of Medicine - and Innovative Knowledge Management Tool', 'AMIA 2006 Symposium Proceedings Page', 1196. [R3.3]
- [165] Stevens, A.; Hernandez, J.; Johnsen, K.; Dickerson, R.; Raij, A.; Harrison, C.; DiPietro, M.; Allen, B.; Ferdig, R.; Foti, S.; Jackson, J.; Shin, M.; Cendan, J.; Watson, R.; Duerson, M.; Lok, B.; Cohen, M.; Wagner, P. & Lind, D. S. (2006), 'The use of virtual patients to teach medical students history taking and communication skills.', *Am J Surg* **191**(6), 806-811. [R2]
- [166] Stull, A. T. & Mayer, R. E. (2007), 'Learning by Doing Versus Learning by Viewing: Three Experimental Comparisons of Learner-Generated Versus Author-Provided Graphic Organizers', *Journal of Educational Psychology* **99**(4), 808-820. [R8.4]
- [167] Śmiałek, M. (2005), *Zrozumieć UML 2.0 – Metody modelowania obiektowego*, Helion. [R4.1] [R5.2]

- [168] Tadeusiewicz, R., (2005), 'O potrzebie naukowej refleksji nad rozwojem społeczeństwa informacyjnego', **in:** Bliźniuk, G. & Nowak, J., ed., *Społeczeństwo Informacyjne 2005*, PTI – Oddział Górnośląski, 11038. [R2]
- [169] Tadeusiewicz, (2008), 'Rozwój technik informacyjnych jako czynnik determinujący postęp cywilizacji', **in:** R.Rak, R. B.; Galwas, B. & Piwowarska, E., ed., *Postępy e-edukacji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 243-259. [R2]
- [170] Tadeusiewicz, R. (2010), 'Metody komputerowego wspomagania nauczania. Próba systematyzacji i klasyfikacji', **in:** Banachowski L., ed., *Postępy e-edukacji*, Wydawnictwo PJWSTK, Warszawa, 8-15. [R2]
- [171] Tang, P. C. & Young, C. Y. (2000), 'ActiveGuidelines: integrating Web-based guidelines with computer-based patient records.', *Proc AMIA Symp*, 843-847. [R3.1]
- [172] Tu, S. W.; Campbell, J. R.; Glasgow, J.; Nyman, M. A.; McClure, R.; McClay, J.; Parker, C.; Hrabak, K. M.; Berg, D.; Weida, T.; Mansfield, J. G.; Musen, M. A. & Abarbanel, R. M. (2007), 'The SAGE Guideline Model: achievements and overview.', *J Am Med Inform Assoc* **14**(5), 589-598. [R3.1]
- [173] Valcke, M. & de Wever, B. (2006), 'Information and communication technologies in higher education: evidence-based practices in medical education', *Med Teach* **28**(1), 40-48. [R2]
- [174] Vanousova, D. & Hercogova, J. (2008), 'Lyme borreliosis treatment.', *Dermatol Ther* **21**(2), 101-109. [R8.3]
- [175] Vlist, E. (2002), *XML Schema*, O'Reilly[R5.1]
- [176] Vollmar, H. C.; Schürer-Maly, C.-C.; Frahne, J.; Lelgemann, M. & Butzlaff, M. (2006), 'An e-learning platform for guideline implementation—evidence- and case-based knowledge translation via the Internet.', *Methods Inf Med* **45**(4), 389-396. [R3.1]
- [177] Wang, D.; Peleg, M.; Tu, S. W.; Boxwala, A. A.; Greenes, R. A.; Patel, V. L. & Shortliffe, E. H. (2002), 'Representation primitives, process models and patient data in computer-interpretable clinical practice guidelines: a literature review of guideline representation models.', *Int J Med Inform* **68**(1-3), 59-70. [R3.1]
- [178] Weiland, D. E. (1997), 'Why use clinical pathways rather than practice guidelines?', *Am J Surg* **174**(6), 592-595. [R1] [R3.1]
- [179] Wichniak, A. & Wierzbicka, A. (2008), 'Rozpoznanie i leczenie bezsenności - wskazówki praktyczne', *Neurologia Praktyczna* **VIII**(3), 7-18. [R8.2]
- [180] Winn, W. (1991), 'Learning from Maps and Diagrams', *Educational Psychology Review* **3**(3), 211-247. [R3.3]
- [181] Wizner, B. (2008), 'Nadciśnienie tętnicze oporne - rozpoznanie, ocena i leczenie', *Medycyna praktyczna* **7-8**, 57-66. [R8.2]
- [182] Wolff, A. M.; Taylor, S. A. & McCabe, J. F. (2004), 'Using checklists and reminders in clinical pathways to improve hospital inpatient care.', *Med J Aust* **181**(8), 428-431. [R3.1]
- [183] Woolf, S. H.; Grol, R.; Hutchinson, A.; Eccles, M. & Grimshaw, J. (1999), 'Clinical guidelines: potential benefits, limitations, and harms of clinical guidelines.', *BMJ* **318**(7182), 527-530. [R1]
- [184] Zander, K.; Etheredge, M. & Bower, K. (1987), 'Nursing Case Management: Blueprints for Transformation', 'New England Medical Center Hospital, Boston, MA'. [R3.1]
- [185] Zary, N.; Hege, I.; Heid, J.; Woodham, L.; Donkers, J. & Kononowicz, A. A. (2009), 'Enabling interoperability, accessibility and reusability of virtual patients across Europe – design and implementation.', *Stud Health Technol Inform* **150**, 826-830. [R2] [R8.5]
- [186] Zimmermann, J.; Rieck, J. & Stark, C. (2004), 'Projektmanagement und Projektplanung I', Technical report, Technische Universität Clausthal. [R3.1]

Źródła internetowe

Wszystkie źródła internetowe sprawdzone zostały ostatni raz 30. września 2011.

- [187] ADL SCORM <http://www.adlnet.gov/capabilities/scorm>
- [188] Altova XML Spy <http://www.altova.com/xml-editor>
- [189] Apache Tomcat <http://tomcat.apache.org>
- [190] eXist <http://exist-db.org>
- [191] GLIF 3.5
[http://mis.hevra.haifa.ac.il/~morpeleg/Intermed/guidelines/GLIF TECH SPEC May 4 2004.pdf](http://mis.hevra.haifa.ac.il/~morpeleg/Intermed/guidelines/GLIF_TECH_SPEC_May_4_2004.pdf)
- [192] IMS QTI <http://www.imsglobal.org/question>
- [193] Jena <http://jena.sourceforge.net>
- [194] JSON <http://www.json.org>
- [195] MVP eViP xslt-test-suite <http://code.google.com/p/mvp-evip-xslt-test-suite>
- [196] Open Labyrinth <http://sourceforge.net/projects/openlabyrinth>
- [197] RDF <http://www.w3.org/RDF>
- [198] Ścieżki kliniczne użyte w eksperymencie w rozdziale 8.2
<http://puls.cm-uj.krakow.pl:8080/bpathexp/html/index.html>
- [199] UML 2.3 <http://www.omg.org/spec/UML/2.3>
- [200] UMLS <http://www.nlm.nih.gov/research/umls>
- [201] vpSim <http://vpsim.pitt.edu>
- [202] XML <http://www.w3.org/XML>
- [203] XML Spy <http://www.altova.com/xml-editor>

C. Wykaz rysunków i tabel

Rysunki

Rys. 1. Klasyfikacja systemów e-nauczania wg Marka Hyli [69].....	11
Rys. 2. Klasyfikacja wspomaganego komputerowo nauczania w medycynie wg Valcke i de Wevera [173].....	12
Rys. 3. Prezentacja wiedzy statystycznej dla studentów medycyny: po lewej stronie – przykładowa strona z sieciowego modułu nauki podstaw statystyki, przygotowanego przez autora pracy; po prawej – przykładowe programy typu „aplet” będące częścią modułu utworzone przy pomocy biblioteki AnstatBeans	15
Rys. 4. System egzaminów wielościeżkowych BIT Exam [84][85]	17
Rys. 5. Wieża osiągnięć informatyki medycznej wg Friedmana [47]	19
Rys. 6. Widok na szpital kantonowy w Aarau z lotu ptaka wraz z identyfikatorem autora pracy z czasu, gdy odbywał staż naukowy w Szwajcarii.....	31
Rys. 7. Trudno czytelna forma dotychczasowej prezentacji opisów dwóch przykładowych komponentów w ścieżce modelu >>mipp> dotyczącej wszczęcia endoprotezy biodra - czynności wykonywane przez anestezjologa przy znieczuleniu [62].....	33
Rys. 8. Model integracji prototypu systemu Bit Pathways z systemem >>mipp> [95]	33
Rys. 9. Widok eksportowanej z systemu >>mipp> do systemu Bit Pathways ścieżki klinicznej dotyczącej zabiegu wycięcia wyrostka robaczkowego	34
Rys. 10. Diagram przypadków użycia systemu edukacyjnych ścieżek klinicznych – część 1	42
Rys. 11. Diagram przypadków użycia systemu edukacyjnych ścieżek klinicznych – część 2	44
Rys. 12. Diagram przypadków użycia systemu edukacyjnych ścieżek klinicznych – część 3	45
Rys. 13. Ścieżka „Przykład 1” wg modelu Bit Pathways.....	59
Rys. 14. Uproszczony schemat gramatyki opisu szablonu ścieżki.....	62
Rys. 15. Wielojęzyczna deklaracja typu atrybutu „label” w szablonie modelu Bit Pathways	63
Rys. 16. Wielokrotne wykorzystanie grupy atrybutów w szablonie modelu Bit Pathways	64
Rys. 17. Uproszczony schemat gramatyki opisu ścieżki.....	65
Rys. 18. Definicja wierzchołka w opisie XML ścieżki modelu Bit Pathways	66
Rys. 19. Definicja krawędzi w opisie XML ścieżki modelu Bit Pathways.....	66
Rys. 20. Deklaracja podścieżki w opisie XML ścieżki modelu Bit Pathways	66
Rys. 21. Postać warunku przejścia krawędzi w notacji GELLO.....	68
Rys. 22. Diagram komponentów systemu Bit Pathways.....	69
Rys. 23. Diagram pakietów edytora graficznego Bit Pathways	70
Rys. 24. Ekran powitalny edytora Bit Pathways	74
Rys. 25. Tworzenie nowej ścieżki przez studenta w programie Bit Pathways.....	74
Rys. 26. Opis głównych funkcji interfejsu użytkownika edytora ścieżek Bit Pathways.....	75
Rys. 27. Przykładowy typowo medyczny edytor właściwości – Kod rozpoznania ICD-10	76
Rys. 28. Przykład edytora złożonego typu danych: typ <i>świadczenie szpitalne</i>	77
Rys. 29. Ekran powitalny modułu dla nauczycieli systemu Bit Pathways.....	78
Rys. 30. Filtr wyszukiwania ścieżek w module nauczycielskim.....	78
Rys. 31. Wykaz wybranych ścieżek w module nauczycielskim	79
Rys. 32. Wybrana ścieżka w widoku interaktywnym modułu nauczycielskiego.....	79
Rys. 33. Statyczny wydruk ścieżki w module nauczycielskim	80
Rys. 34. Aktualna wersja panelu administracyjnego zrealizowana przy użyciu systemu eXist	81
Rys. 35. Projekt panelu administracyjnego programu Bit Pathways	82
Rys. 36. Wykaz studentów aktualnie wybranej grupy w projekcie panelu administracyjnego	82
Rys. 37. Plik przekształcenia szablonu „edukacyjna ścieżka kliniczna” na szablon „wirtualny pacjent” edytowany w narzędziu do mapowania szablonów programu Bit Pathways.	83
Rys. 38. Zależność opóźnienia przy przesunięciu elementów od liczby wierzchołków grafu ścieżki.....	89

Rys. 39. Zależność czasu zapisu i odczytu ścieżek na serwerze przy rosnącej liczbie ścieżek	90
Rys. 40. Średni czas odczytu i zapisu ścieżek na serwerze przy rosnącej liczbie komputerów klienckich	92
Rys. 41. Edukacyjna ścieżka kliniczna stworzona na podstawie pracy [110]	102
Rys. 42. Strona startowa przeprowadzonego eksperymentu	104
Rys. 43. Wylosowany temat oraz wersja materiału i przydzielony zestaw pytań	105
Rys. 44. Zależność zdobytej liczby punktów od czasu odpowiedzi dla studentów analizujących ścieżkę edukacyjną dotyczącą pierwszego tematu	110
Rys. 45. Zależność czasu rozwiązywania zadań od liczby słów w tekście artykułu/ścieżce (przedz. ufn. 95%)	110
Rys. 46. Lokalizacja prawidłowej odpowiedzi na pytanie Q4.3 w tekście artykułu	115
Rys. 47. Lokalizacja prawidłowej odpowiedzi na pytanie Q4.3 w ścieżce edukacyjnej (podkreślenia zielone) i lokalizacja informacji, która mogła prowadzić do najczęściej podawanej błędnej odpowiedzi (podkreślenia czerwone)	116
Rys. 48. Ścieżka kliniczna przygotowana przez eksperta, przedstawiająca zalecane postępowanie w zespole Boerhaavego	130
Rys. 49. Szkielet podścieżki 2 – prewencja uszkodzenia mózgu w syndromie porouscycyjnym. Zadaniem studentów było uzupełnienie elementów oznaczonych „[TODO]”	137
Rys. 50. Ścieżka edukacyjna dotycząca drobnych urazów głowy u dzieci	141
Rys. 51. Model wymiany wirtualnych pacjentów MVP [156]	142
Rys. 52. Ścieżka edukacyjna „Lekkie urazy głowy u dzieci” po eksporcie w formacie MVP do systemu wirtualnych pacjentów CASUS	147
Rys. 53. Ścieżka edukacyjna „Lekkie urazy głowy u dzieci” po eksporcie w formacie zgodnym ze specyfikacją GLIF i otwarciu w narzędziu Protégé	152

Tabele

Tab. 1. Przegląd publikacji z udziałem autora pracy w poszczególnych dziedzinach e-learningu medycznego wg klasyfikacji Valcke’a i de Wevera	14
Tab. 2. Podsumowanie proponowanych scenariuszy wykorzystania ESK	41
Tab. 3. Darmowe programy do tworzenia diagramów blokowych (diagramów przepływu) po pierwszym etapie selekcji	49
Tab. 4. Wyniki analizy przydatności edytorów diagramów blokowych do realizacji założonych scenariuszy edukacyjnych – część 1	52
Tab. 5. Wyniki analizy przydatności edytorów diagramów blokowych do realizacji założonych scenariuszy edukacyjnych – część 2	53
Tab. 6. Główne gałęzie opisu szablonu <i>T</i>	63
Tab. 7. Główne gałęzie opisu ścieżki <i>P</i>	64
Tab. 8. Wyniki ankiety ewaluacyjnej programu Bit Pathways wśród studentów trzeciego roku medycyny, semestr zimowy 2009/2010	86
Tab. 9. Wyniki ankiety ewaluacyjnej programu Bit Pathways wśród studentów trzeciego roku medycyny, semestrze letnim 2010	86
Tab. 10. Porównanie liczby słów w artykule i odpowiadającej mu ścieżce klinicznej	103
Tab. 11. Ogólne wyniki eksperymentu dla tematu 1. Nadciśnienie tętnicze oporne	106
Tab. 12. Ogólne wyniki eksperymentu dla tematu 2. Alergiczny nieżyt nosa	106
Tab. 13. Ogólne wyniki eksperymentu dla tematu 3. Bezsenność	106
Tab. 14. Ogólne wyniki eksperymentu dla tematu 4. Rak piersi w starszym wieku	106
Tab. 15. Sprawdzenie wewnętrznej spójności testów wiedzy	107
Tab. 16. Szczegółowe wyniki odpowiedzi na poszczególne pytania w temacie 1. Nadciśnienie tętnicze oporne	107
Tab. 17. Szczegółowe wyniki odpowiedzi na poszczególne pytania w temacie 2. Alergiczny nieżyt nosa	108
Tab. 18. Szczegółowe wyniki odpowiedzi na poszczególne pytania w temacie 3. Bezsenność	108

Tab. 19. Szczegółowe wyniki odpowiedzi na poszczególne pytania w temacie 4. Rak piersi w starszym wieku.....	109
Tab. 20. Badanie współczynników korelacji rang Spearmana	109
Tab. 21. Typy pytań medycznych zastosowanych w eksperymencie 1	112
Tab. 22. Typy pytań w testach z eksperymentu pierwszego	112
Tab. 23. Wyniki poprawności odpowiedzi na pytania CHR (dotyczące chronologii czynności uzyskane dla grupy korzystającej z artykułu i ze ścieżki)	112
Tab. 24. Wyniki poprawności odpowiedzi na pytania DTS (dotyczące wyboru właściwych metod diagnostycznych i terapeutycznych uzyskane dla grupy korzystającej z artykułu i ze ścieżki)	113
Tab. 25. Wyniki poprawności odpowiedzi na pytania dotyczące SMP (właściwego rozpoznania symptomów chorobowych uzyskane dla grupy korzystającej z artykułu i ze ścieżki)	113
Tab. 26. Wyniki poprawności odpowiedzi na pytania EXP (dotyczące wyboru umiejętności objaśnienia pewnych zjawisk lub działań uzyskane dla grupy korzystającej z artykułu i ze ścieżki)	113
Tab. 27. Wyniki poprawności odpowiedzi na pytania ENC (dotyczące znajomości pojęć encyklopedycznych dla grupy korzystającej z artykułu i ze ścieżki)	113
Tab. 28. Średnia wielkość efektu zwiększenia poprawności odpowiedzi na pytania w poszczególnych klasach pytań zastosowanych w eksperymencie 1	114
Tab. 29. Wyniki ankiet w roku akademickim 2008/09	119
Tab. 30. Wyniki ankiet w roku akademickim 2009/10	121
Tab. 31. Porównanie wyników ankiet w latach akademickich 2008/09 i 2009/10.	122
Tab. 32. Opinie studentów na temat przydatności artykułów jako źródła wiedzy do tworzenia ścieżek klinicznych (uporządkowane wg malejących wartości oceny).	122
Tab. 33. Porównanie stopnia akceptacji scenariusza polegającego na tworzeniu ścieżki klinicznej ze scenariuszem budowy strony Wiki w roku akademickim 2009/10 przeprowadzone wśród studentów obcojęzycznych pierwszego roku medycyny (program 6-letni).	124
Tab. 34. Porównanie wcześniejszych doświadczeń w budowie diagramów blokowych i stron Wiki w roku akademickim 2009/10 wśród studentów obcojęzycznych pierwszego roku medycyny (program 6-letni)	125
Tab. 35. Porównanie opinii dotyczących stopnia trudności budowy ścieżek klinicznych i stron Wiki w roku akademickim 2009/10 wśród studentów obcojęzycznych pierwszego roku medycyny (program 6-letni)	125
Tab. 36. Pozostałe pytania z ankiety dotyczącej ścieżek klinicznych przeprowadzonej w roku akademickim 2009/10 wśród studentów obcojęzycznych pierwszego roku medycyny (program 6-letni)	126
Tab. 37. Opinie studentów na temat przydatności artykułów jako źródła wiedzy do tworzenia ścieżek klinicznych (uporządkowane wg malejących wartości oceny)	126
Tab. 38. Porównanie wyników testu wiedzy w grupie tworzącej ścieżkę kliniczną i grupie kontrolnej w roku akademickim 2009/10. Średnia liczba punktów wiedzy badana miesiąc po wykonaniu zadania.	128
Tab. 39. Porównanie wyników testu wiedzy w grupie tworzącej ścieżkę kliniczną i grupie kontrolnej średnia przeprowadzone w roku akademickim 2009/10 miesiąc po wykonaniu zadania (podział na poszczególne tematy).	128
Tab. 40. Struktura demograficzna grup biorących udział w eksperymencie „Zespół Boerhaavego”	131
Tab. 41. Wyniki testów wiedzy porównujących scenariusz 1 i 2.....	132
Tab. 42. Wyniki badania satysfakcji z ćwiczeń w grupach doświadczalnych	133
Tab. 43. Powodzenie w rekonstrukcji oryginalnej ścieżki	133
Tab. 44. Struktura demograficzna grup biorących udział w eksperymencie „Syndrom poususycytacyjny”	138
Tab. 45. Wyniki testów wiedzy	138
Tab. 46. Wyniki badania satysfakcji z ćwiczeń w grupach doświadczalnych	139
Tab. 47. Fragment opisu elementu „Badanie fizykalne” po przeniesieniu z szablonu „Edukacyjna Ścieżka Kliniczna” do szablonu „Wirtualny Pacjent”	144

Tab. 48. Przebieg wszystkich możliwych liniowych wirtualnych pacjentów o różnym zbiorze węzłów utworzonych z jednej ścieżki klinicznej dotyczącej lekkich urazów głowy u dzieci.....	146
Tab. 49. Porównanie elementów ścieżki Bit Pathways i klas modelu GLIF.....	150
Tab. 50. Opis zawartości płyty CD dołączonej do pracy	155