

ZAŁOŻENIA DO BUDOWY SYSTEMU WSPOMAGANIA DECYZJI W IMPLANTOLOGII DENTYSTYCZNEJ

Tomasz KAPŁON

Streszczenie: W pracy przedstawiono założenia do budowy systemu wspomaganie decyzji oraz możliwości jego zastosowań jako systemu doradczo-dydaktycznego uczestniczącego w procesie uczenia i kontrolowania podejmowania decyzji o sposobie leczenia, warunkach koniecznych, dostatecznych i dyskwalifikujących możliwość podjęcia leczenia pacjenta w przypadkach konieczności zastąpienia braków uzębienia implantami stomatologicznymi. W pracy dokonano wstępnej i z pewnością niepełnej – ze względu bardzo szeroki zakres problemów związanych z wykonywaniem zabiegów implantacji jak również warunków i metod leczenia przed zabiegowego – analizy wiedzy z zakresu implantologii. Przedstawiono podstawowe wymagania systemu wspomagającego podejmowanie decyzji w nauczaniu i leczeniu z użyciem implantów stomatologicznych.

Słowa kluczowe: systemy doradczo-decyzyjne, zarządzanie wiedzą

1. Wprowadzenie

Implantologia jest dziedziną medycyny o krótkiej historii. Pierwsze implanty stomatologiczne zostały z powodzeniem użyte przez profesora Branemarka w 1965 roku. Jednak dopiero od roku 1980 implantacja jest stosowana powszechnie. Pomimo tak krótkiej historii implantologia rozwija się dynamicznie i dostarcza ogromnych i cennych ilości danych. Liczba przypadków rokrocznie rośnie, jednak – ze względu na koszty i sceptyczne podejście ludzi do takiego sposobu leczenia – liczba specjalistów z tej dziedziny jest nadal nieduża i wbrew pozorom, niewystarczająca. Wynika to z kilku przyczyn. Po pierwsze zbyt mała liczba ludzi decydujących się na taką formę leczenia. Po drugie, co jest konsekwencją pierwszego, lekarze mają zbyt mało okazji zdobycia praktyki, chcących zajmować się implantologią. Po trzecie, co jest podstawą do rozważań nad stworzeniem systemu ekspertowego o charakterze doradczo-dydaktycznym, nadal istnieje zbyt mała liczba lekarzy-praktyków z umiejętnościami, możliwościami i zdolnościami dydaktycznymi. Upowszechnienie wiedzy eksperckiej z implantologii dałoby korzyść w postaci (a) większej liczby praktycznie wykształconych lekarzy, (b) niższych kosztów ich edukacji, (c) niższych kosztów tego typu leczenia, (d) podniesienia szans na wyższy standard usług poprzez zwiększenie konkurencyjności oraz (e) zdrowszego społeczeństwa. Jednak aby móc mówić o ww. korzyściach niezbędne jest (1) zebranie wiedzy od ekspertów, (2) przetworzenie jej w sposób nadający się do przetwarzania komputerowego, (3) usystematyzowanie w postaci zestawu reguł i meta-reguł, (4) implementacja komputerowa w postaci systemu ekspertowego, (6) opracowanie intuicyjnego graficznego interfejsu użytkownika oraz (7) wykonanie testów i weryfikacji działania. Niniejsza praca stanowi próbę przybliżenia problemu oraz, mam nadzieję, przyczynek do rozwoju badań w zakresie wspomaganie implantologii.

2. Analiza problemu

Medycyna (*medicina, sztuka lekarska*) jest nauką empiryczną obejmującą całość wiedzy o zdrowiu i chorobach człowieka oraz sposobach ich zapobiegania, oraz ich leczenia [1]. Jednak współczesna medycyna jest w pierwszej kolejności nauką (w dużej mierze ścisłą), w drugiej rzemiosłem, a dopiero w trzeciej i ostatniej zachowała ona, w niektórych swoich aspektach, pewne cechy sztuki [2]. Znaczące sformalizowanie procedur postępowania w naukach medycznych pozwala – ze względu na możliwość w miarę łatwego przeniesienia sformalizowanej wiedzy – na stosowanie w nich komputerowego wspomaganie podejmowania decyzji lub, a może przede wszystkim bezinwazyjnych i bezpiecznych pod względem oddziaływania na żywy organizm pacjenta, wirtualnego eksperymentowania – symulacji zabiegów, symulacji leczenia w sensie trafności oceny przypadku i wyboru właściwego sposobu leczenia. Problemami współczesnej stomatologii, podobnie jak innych działów nauk medycznych, pozostają (1) koszty wykształcenia lekarza dentysty (lekarza stomatologa), (2) delikatna natura materiału, na którym lekarz taki może się kształcić (ciało człowieka), (3) liczba i różnorodność przypadków, (4) niewielka szansa na pokazanie i przeprowadzenie leczenia (choćby asystowania przy leczeniu) wielu znanych i opisanych przypadków, zwłaszcza w trakcie studiów ale i w przypadku prowadzenia praktyki. Liczba przypadków pasujących do standardu – ten sam sposób postępowania u różnych pacjentów daje te same wyniki leczenia – jest nadal mniejsza niż liczba wyjątków – zwłaszcza związanych z powikłaniami powodowanymi niedostateczną wiedzą i praktyką lekarza na temat technik implantacji, przygotowania pacjenta, jak również spowodowanych niewłaściwym działaniem samego pacjenta. Wiąże się to w szczególności z fazą będącą poza ingerencją i kontrolą lekarza, czyli z postępowaniem pacjenta, jego trybem życia, sposobem odżywiania, nawykami, ignorowaniem poleceń, zaniedbaniami, które skutecznie zwiększają różnorodność przypadków. W związku z tym, potrzeba istnienia systemu wspomaganie lekarza dentysty w zakresie leczenia oraz metod i technik wykonywania uzupełnień implantami, jest niekwestionowana. Aktualnie, przynajmniej biorąc pod uwagę dostępne informacje w zakresie wspomaganie i edukacji leczenia i profilaktyki dentystycznej, najbardziej znanym jest system TxDENT używany na University of British Columbia, Faculty of Dentistry. Nie oznacza to, że temat wspomaganie pracy lekarza dentysty jest tematem nowym. W literaturze przedmiotu znaleźć można wiele pozycji, które traktują o problemie wspomaganie podejmowania decyzji i edukacji w stomatologii [3, 4, 5, 6, 7], w których autorzy prezentują praktyczne rozwiązania [8, 9, 10] oraz, których autorzy opisują problemy związane z konstrukcją systemów [11]. Nadal jednak w Polsce brak jest narzędzia kompletnego i dostępnego.

3. Cel

Podstawowym celem tworzenia systemu ekspertowego jest integracja wiedzy pozyskanej od ekspertów – w tym przypadku grupy lekarzy dentystów, chirurgów i implantologów – oraz danych i informacji pozyskiwanych z historii chorób uzupełnionych o wiedzę z medycyny ogólnej, niezbędnej do poprawnego i możliwie pełnego wnioskowania i wyjaśniania. Ponieważ stosunek liczby przypadków (łącznie z powikłaniami) do liczby pacjentów, z którymi może spotkać się w swojej praktyce lekarz dentysta jest wysoki, istnienie systemu wspomaganie a przede wszystkim nauczania jest jak najbardziej uzasadnione. Potwierdzają to wyżej wymienione, liczne publikacje dotyczące przydatności i zalet wsparcia leczenia i edukacji systemami ekspertowymi.

4. Funkcje i oczekiwania

Proponowane rozwiązanie powinno posiadać dwie podstawowe funkcje: doradczą (*advisory*) i oceniającą (*criticizing*). Funkcja doradcza jest jedną z dwóch funkcji dydaktycznych. Zakładając, że model uczenia oparty jest o np. cykl Kolba [12], możliwe jest wprowadzenie do systemu danych z przypadku, który został wcześniej omówiony – w cyklu Kolba jest to etap pierwszy tzw. konkretne doświadczenie (gra, zadanie, ćwiczenie). W odpowiedzi system udzieli porady (*advise*), oczywiście wyjaśniając i uzasadniając swój sposób wnioskowania. Następnie nastąpi etap drugi cyklu czyli refleksja – przypadek zostanie przedyskutowany. W kolejnym etapie cyklu będziemy mieli do czynienia z syntezą doświadczenia i refleksji, czyli przemyślenia pozwalającego na zrozumienie problemu i jego rozwiązania. W obu tych etapach system jako taki nie bierze udziału. Są to etapy pracy uczącego się. Natomiast w etapie czwartym, następuje zastosowanie, czyli odniesienie do realnej sytuacji. W tym etapie uczący się otrzymują zadanie – kolejny nowy, nieznanym im problem – i rozwiązują go zgodnie ze swoim doświadczeniem i prezentują rozwiązanie wprowadzając je do systemu. Tu widoczna jest kolejna funkcja systemu, czyli funkcja oceniająca – analizująca i komentująca. W efekcie następuje zwiększenie wiedzy uczącego się, który w swojej praktyce może nie mieć szans na zebranie własnych doświadczeń związanych ze wszystkimi znanymi przypadkami, przez co jego działanie (leczenie) będzie albo nieskuteczne albo długotrwałe i mało efektywne, a w najgorszym przypadku błędne i przyczyni się do wywołania szkody u pacjenta. Przetrenowanie możliwie dużej liczby przypadków na symulatorze, jakim byłby system z pewnością przyniesie wymierne pozytywne skutki zdrowotne i ekonomiczne, które są założeniem działalności obu stron – pacjenta i lekarza.

5. Analiza potrzeb użytkowników

Proponowany system ma spełniać, w zależności od etapu użycia (patrz pkt. 2. – cykl Kolba), dwie funkcje, doradczą lub oceniającą. Działanie systemu będzie wyglądało dwojako. W przypadku pierwszym (*advisory*) system będzie rozwiązywał zadany problem działając w sposób, można powiedzieć, klasyczny czyli wykonując wnioskowanie zależne od ustalonej strategii i ustalonych warunków np. przełączania sposobów wnioskowania i korzystania z zasobów. W przypadku drugim (*criticizing*) najistotniejsze będzie wskazanie działań poprawnych, pominiętych i błędnych. W przypadku dwóch ostatnich objaśnienie niewykonanego bądź co gorsza wykonanego błędnie diagnozowania (leczenia) będzie szczególnie istotne. Niezależnie jednak od tego system będzie musiał spełniać określone wymagania:

- oceniać stan pacjenta w momencie zgłoszenia się z problemem – ustalenie stanu zerowego. Etap ten jest etapem weryfikacji wstępnej i musi obejmować kompleksową ocenę aktualnego stanu zdrowia z uwzględnieniem nawyków żywieniowych, przebytych chorób oraz ustalonych i podejrzewanych związków stanu aktualnego z historią chorób, objawów, częstości ich występowania, długości trwania, potencjalnych przyczyn niektórych dolegliwości czy zachowań organizmu zauważonych przez pacjenta – wbrew pozorom ocena pacjenta może dostarczyć wielu cennych informacji ze względu na brak doświadczenia i znajomość innych przypadków, co skutkować może analizą dolegliwości nieobarczoną schematycznym myśleniem oraz pominięciem, często ważnych i bardzo indywidualnych przyczyn zaistniałego stanu rzeczy,

- określać plan wykonania leczenia – począwszy od doprowadzenia do stanu określonego jako wyjściowy czyli takiego, w którym wyeliminowane zostały wszelkie znane i przewidywane problemy mogące prowadzić do powikłań czy też nieudanego przebiegu leczenia, do stanu w którym implant wraz z uzupełnieniem protetycznym będzie można uznać za element utrwalony i z punktu widzenia medycznego stabilny,
- określać sposób postępowania szczegółowego w trakcie leczenia – proces ten, podobnie jak oba wcześniejsze będzie procesem dynamicznym ze względu na niepewność co do efektów kolejnych działań w planie szczegółowym, zwłaszcza ze względu na czas realizacji niektórych zabiegów, szybkości gojenia się ran, szybkości reakcji pacjenta na działanie leków, itp.,
- ustalać na podstawie wyników etapu weryfikacji wstępnej możliwości stosowania leków, ich dawek oraz czasu działania czy możliwych interakcji z innymi lekami przyjmowanymi przez pacjenta,
- pomagać w doborze właściwego rodzaju rdzenia implantu i doborze obudowy implantu na podstawie danych anatomicznych pacjenta oraz zawartości bazy wiedzy zawierającej bibliotekę przypadków charakterystycznych problemów kostnych i kształtu zębów,
- określać liczbę przewidywanych wizyt i zabiegów oraz koszty szczegółowe i ogólne.

Trzy ostatnie wymagania stawiane przed systemem mają, w przeciwieństwie do trzech wcześniejszych, charakter w dużej mierze techniczny. Ustalenie rodzaju wypełnienia właściwie sprowadzi się do sprawdzenia kilku zmiennych, takich jak np. rodzaj, miejsce i rozległość ubytku czy skłonność pacjenta do próchnicy. Ustalenie rodzaju, liczby i parametrów osadzenia implantów to również kwestia oceny zmiennych, takich jak np. położenia ubytku (siekacz, trzonowy) czy głębokości i szerokości tkanki kostnej dziąsła. Przewidywane koszty nie są oczywiście zwykłym wyliczeniem sumy kosztów poszczególnych zabiegów, materiałów i prac protetycznych. W tym przypadku również należy rozważyć kwestie medyczne, finansowe i czasowe.

Skuteczne opracowanie zagadnień oceny stanu pacjenta, doboru leków a przede wszystkim określenia szczegółowego postępowania w trakcie leczenia będą kluczowe dla jakości i efektywności systemu. Siłą systemu ekspertowego jest przecież jakość zgromadzonej wiedzy.

6. Wiedza w systemie

Wiedzę w proponowanym systemie można podzielić na trzy części. Pierwsza obejmuje obszar wiedzy z zakresu medycyny ogólnej niezbędnej do realizacji etapu weryfikacji stanu zdrowia pacjenta. Etap weryfikacji jest kluczowym etapem zwłaszcza dla uzupełniania ubytków implantami, gdzie istnieje największe ryzyko nieudanego leczenia związanego np. z koniecznością podniesienia zatoki szczękowej czy nietolerancją na wprowadzenie implantu oraz wysokiego kosztu takiego leczenia. W związku z tym nie powinno się dopuszczać do sytuacji, w której przechodzi się do etapu wprowadzania implantu bez wykluczenia wszystkich możliwych przyczyn nieudanej próby leczenia. Pojęcie wiedza ogólna oznacza w tym przypadku wiedzę nie bezpośrednio związaną z wykonywaniem zabiegów implantacji. Jest to wiedza niezbędna do tego, aby prawidłowo przeprowadzić proces weryfikacji stanu zdrowia pacjenta przygotowywanego do zabiegu założenia implantów zębowych. W efekcie pozyskiwane są dane i informacje (zmniejsza się poziom

niewiedzy), które należy wykorzystać do określenia sposobu postępowania wstępnego przygotowującego pacjenta do rozpoczęcia zabiegu wszczepienia. Proces weryfikacji może również odpowiedzieć na pytania o szanse i zagrożenia związane z samym zabiegiem jak i późniejszym okresem rekonwalescencji oraz szansami na trwałość efektów leczenia.

Druga część obejmuje obszar wiedzy z zakresu oceny stanu kości, jej jakości, gęstości, grubości, szybkości zanikania, zdolności do odbudowy oraz możliwości i sposobów uzyskiwania najlepszych i najszybszych efektów jej odbudowy. Jakość kości szczękowej decyduje bowiem o możliwości umieszczenia implantu w ogóle. Na przykład w przypadku znacznego zaniku substancji kostnej, który najczęściej występuje gdy okres pomiędzy ekstrakcją a czasem zgłoszenia się do lekarza z chęcią odbudowy jest długi. Przy czym długość tego okresu w miesiącach czy latach nie jest absolutnie wyznacznikiem szybkości zaniku kości. Czynnikiem wpływającym na szybkość zaniku – podobnie jak na szybkość odbudowy po implementacji aktywnego czynnika uzupełniającego – to np. wiek pacjenta ukrwienie tkanek, stosowanie używek czy leków. O ile liczba czynników nie jest duża, o tyle zależności ich wpływu na wspomaganie czy hamowanie procesu zaniku i/lub regeneracji są niejednoznaczne i osobniczo zależne. Jedynie znajomość szerokiego zakresu przypadków, kompleksowa wiedza o konkretnym pacjencie oraz pewna gwarancja jego właściwego (zgodnego z zaleceniami) postępowania w trakcie leczenia pozwalają na właściwą ocenę stanu, szans, czasu i trwałości jego zmian. Tej wiedzy dostarczyć może jedynie doświadczony lekarz.

Kolejny element systemu stanowi wiedza z zakresu budowy, cech i zastosowań implantów. W tym przypadku jednak można zastosować istniejące już rozwiązania [10]. Liczba możliwości doboru implantu ze względu na jego cechy jest skończona. Właściwie jest to kwestia techniczna częściej skojarzona z kosztami ponoszonymi przez pacjenta niż związana z czynnikami natury medycznej. Również ze względu na ograniczoną liczbę producentów oraz rodzajów implantów potrzeba budowania fragmentu systemu w tym zakresie wydaje się być mniej kluczowa. Niemniej jednak należałoby przeprowadzić analizę dostępnych rozwiązań pod kątem ich jakości i możliwości adaptacji do pozostałych części systemu.

7. Ogólne założenia projektowe

Zakładając implementację komputerową systemu wspomaganie podejmowania decyzji w implantologii stomatologicznej należy przyjąć następujące założenia:

- interfejs programu powinien być zaprojektowany z udziałem lekarzy i sformatowany wg ich preferencji,
- rozdzielenie kolejnych etapów procesu leczenia tak, aby możliwe było korzystanie z systemu na dowolnym etapie procesu leczenia czy nauki,
- możliwość wyboru sposobu działania: rozwiązywanie problemu (*advisory*) i ocena proponowanego rozwiązania (*critizining*),
- możliwość łatwej modyfikacji zawartości bazy wiedzy z punktu widzenia sposobu realizacji tego zadania, jednak dostęp do bazy musi być chroniony przed przypadkową i/lub celową zmianą.

Ze względu na potencjalne trudności w zakresie zapisu i przetwarzania wiedzy, np. zapis hierarchicznego modelu wiedzy czy zarządzania kolejnością faktów w bazie wiedzy korzystniejszym dla jakości i efektywności systemu będzie opracowanie i implementacja własnego systemu dedykowanego.

8. Budowa systemu

8.1. Podstawowe moduły

System wspomagania decyzji dedykowany do implantologii dentystycznej zbudowany powinien być z trzech podstawowych modułów:

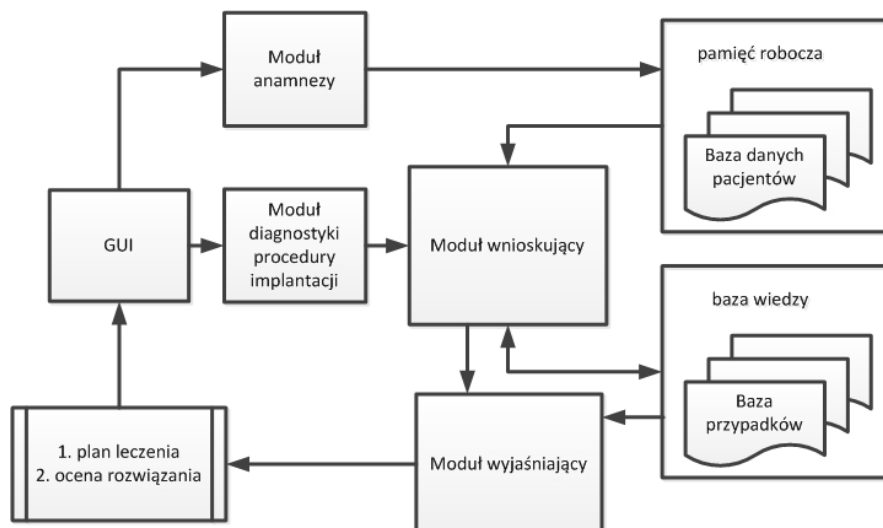
1. Modułu wywiadu chorobowego (anamnezy) obejmujący pytania dotyczące choroby pacjenta, powodów jego wizyty, historii dotychczasowych chorób, ewentualnie wywiadu rodzinnego (szczególnie ważne w przypadku dzieci) oraz wywiadu społeczno-ekonomicznego (informacje te nie mogą wpływać na podejmowanie kluczowych decyzji ani przez lekarza, ani przez system ponieważ, nie są kluczowe i mogą budzić wątpliwości etyczne. Metodą pozyskiwania wiedzy może być interaktywny kwestionariusz.
2. Modułu badania diagnostycznego procedury implantacji stomatologicznej, w którym dokonywany będzie wybór miejsca implantowania i pozycjonowanie implantu oraz określane będą techniczne parametry umiejscowienia implantu będące wskazówkami dla implantologa i protetyka.
3. Modułu generującego plan leczenia, jego kolejne etapy, określającym warunki leczenia i/lub wyjaśniającym powody dyskwalifikacji pewnych metod, technik oraz określającym ryzyko wystąpienia powikłań, przewidywany czas leczenia oraz jego potencjalne koszty.

8.2. Struktura

Proponowana struktura systemu (rys. 1.) jest tradycyjna i składa się z:

- bazy wiedzy (przypadków), których historia choroby i leczenia jest znana – służą również jako przypadki treningowe,
- pamięci roboczej, na którą składają się dane pacjentów,
- modułu objaśniającego, który odpowiedzialny jest za prezentację przebiegu procesu wnioskowania, ma zadanie przedstawić sposób rozumowania, czyli wybór faktów, reguł i meta-reguł oraz i kolejność ich odpalania. W proponowanym systemie moduł wyjaśniający po za tradycyjnym sposobem prezentacji (fakty, reguły, wnioski) będzie musiał zostać wyposażony w możliwość prezentacji graficznej działań, które należy podjąć w trakcie zabiegu. Wizualizacja przebiegu zabiegu, dobór narzędzi, materiałów, sposób wykonywania poszczególnych czynności, efekty, które powinny być uzyskiwane, stanowić będzie kluczowy element zwłaszcza w trybie nauczania. Ponieważ jednym z efektów działania systemu jest zwiększenie umiejętności praktycznych lekarzy, wprowadzenie mechanizmu wizualizacji czy nawet interakcji, wydaje się być niezbędne.
- modułu wnioskującego, który odpowiedzialny jest za przetwarzanie wiedzy zgromadzonej w bazie wiedzy oraz pozyskiwanie nowych faktów na podstawie przetwarzania reguł lub konwersacji z użytkownikiem. Wnioskowanie odbywać się będzie według jednego z dwóch schematów: wnioskowania w przód i wstecz. Schemat wnioskowania w przód, tak się przynajmniej wydaje, skuteczniejszy będzie w trybie pracy *advisor*, natomiast wnioskowanie wstecz powinno dawać lepsze rezultaty w trybie *criticizing*. Niemniej jednak decyzja o wyborze trybu (być może konieczne będzie użycie trybu mieszanego) zależeć będzie od wyników

testów sprawdzających skuteczność sposobów wnioskowania w momencie posiadania uzupełnionej bazy wiedzy.



Rysunek 1: Schemat modelu systemu

9. Podsumowanie

W pracy przedstawiono podstawowe założenia budowy i działania systemu wspomagającego lekarza implantologa w praktyce lekarskiej oraz lekarzy przygotowujących się do wykonywania tego typu leczenia jako wsparcie w procesie edukacji. Przedstawiono cel powstania takiego systemu oraz uzasadnienie takiej potrzeby. Przedstawiono krótki przegląd problemów, które należy rozwiązać w całym procesie leczenia implantologicznego oraz powody, dla których niezbędna jest w tym przypadku wiedza ekspercka. Nakreślono zarys założeń projektowych, budowę systemu, sposób jego działania oraz jego efekty. Świadomie pominięto kwestie analizy, wyboru i zastosowania narzędzi programistycznych. Jest to kwestia nie tyle drugorzędna, co łatwiejsza ze względu na istnienie wielu opracowań dotyczących budowy tego typu systemów oraz używanych do tego narzędzi.

Biorąc pod uwagę, że powstanie takiego systemu jest czasochłonne chociażby ze względu na trudność w pozyskaniu wiarygodnej i sprawdzonej wiedzy, warto aby zapoczątkować praktyczne rozwiązywanie tego problemu. Zwłaszcza, że istnieje w Polsce szerokie grono dobrze wykształconych i posiadających duże doświadczenie lekarzy implantologów zrzeszonych chociażby w Polskim Stowarzyszeniu Implantologicznym.

10. Zadania

Niniejsze opracowanie jest jedynie zarysem pomysłu stworzenia systemu wspomagającego pracę i edukację lekarzy implantologów. Zadaniem pierwszym jest usystematyzowanie zagadnień związanych z przygotowaniem i przeprowadzaniem procesu leczenia implantologicznego. Drugim jest opracowanie fragmentu modułu anamnezy, czyli bazy wiedzy o pacjentach. Trzecim opracowanie fragmentu modułu badania

diagnostycznego procedury implantacji, czyli implementacja i graficzna prezentacja wiedzy związanej z doбором implantu i jego pozycjonowaniem – od strony czysto technicznych ograniczeń.

Literatura

1. Zieliński K., Zalewska-Jura H., Słownik pochodzenia nazw i określeń medycznych. Antyczne i nowożytne dzieje chorób w ich nazwach ukryte, Alfa Medica Press, Bielsko-Biała, 2004, str. 353
2. Boratyńska M., Konieczniak P., Prawa pacjenta, Warszawa 2001, s. 128-139
3. L.M., Computer based decision support: the substrate for dental practice in the 21st century, Journal of Dental Education 1991 55:262-263
4. Wagner I.V., Schneider W., Computer based decision support in dentistry, Journal of Dental Education 1991 55:263-267
5. Eneida A. Mendonça, Clinical Decision Support Systems: Perspectives in Dentistry, Journal of Dental Education 2004 68:589-597
6. Hochadel, M. A., How Publishers are Developing Clinical Decision Support, Journal of Evidence-Based Dental Practice, 2008, Vol. 8, Issue 3, Pages 206-208
7. Vikram K., Karjodkar F.R., Decision Support Systems in Dental Decision Making: An Introduction, 2009, Vol. 9, Issue 2, Pages 73-76
8. Stephens C.D., Mackin N, Sims-Williams J.H., The development and validation of an orthodontic expert system, British Journal of Orthodontics 1996, 23: 1-9
9. Mackin N, Stephens C.D., Development and testing of a fuzzy expert system - an example in orthodontics in Proceedings of fuzzy logic: applications and future directions, Unicom Seminars Ltd, Uxbridge, Middlesex 1997, pp61-71
10. Lee S., Yang J., Han J., Development of a decision making system for selection of dental implant abutments based on the fuzzy cognitive map, Expert Systems with Applications, Volume 39, Issue 14, 15 October 2012, Pages 11564–11575
11. Sasikumar M., Ramani S., A Practical Introduction to Rule Based Expert Systems, Narosa Publishing House, New Delhi, 2007
12. Koźmiński A., Jemiłniak D., Zarządzanie od podstaw. Podręcznik akademicki. Wydawnictwa Akademickie i Profesjonalne, Warszawa 2008

Dr inż. Tomasz Kapłon
Instytut Informatyki, Robotyki i Automatyki
Politechnika Wrocławska
50-370 Wrocław, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27
tel.: (71) 320 21 07
e-mail: tomasz.kaplon@pwr.wroc.pl