

DIAGNOSTYKA TECHNICZNA I DIAGNOSTYKA MEDYCZNA – PODOBIENSTWA I ZAPOŻYCZENIA

Jerzy Langman, Zbigniew Ślipek

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie: Omówiono związki między diagnostyką medyczną i techniczną. Mimo różnic w przedmiocie zainteresowań diagnostyki medycznej i technicznej, posługują się one podobnymi metodami diagnostycznymi (pomiarami sygnałów diagnostycznych), wspólne są też metody wnioskowania diagnostycznego.

Słowa kluczowe: diagnostyka medyczna, diagnostyka techniczna, metody diagnostyczne

Wprowadzenie

Diagnostyka jako dyscyplina naukowa zajmuje się określaniem stanu obiektu metodami bezinwazyjnymi lub dopuszczającymi niewielką ingerencją w jego strukturę, jednak bez naruszania zasadniczego funkcjonowania wzajemnych połączeń. Służy ona również do prognozowania jak i generowania stanu obiektu odpowiednio w przyszłości jak i w przeszłości.

Obiekty będące przedmiotem zainteresowań diagnostyki technicznej i medycznej podczas swojego życia generują szereg mierzalnych sygnałów, które można wykorzystać jako sygnały diagnostyczne. Proces diagnostyki technicznej jak i medycznej składa się w zasadzie z tych samych funkcji składowych jakimi są: pomiary wartości sygnałów diagnostycznych, ich interpretacja diagnostyczna (wnioskowanie diagnostyczne) oraz opracowanie ostatecznej diagnozy. Wiele z metod pomiarowych sygnałów diagnostycznych wykorzystywanych w procesie diagnozowania zarówno w technice jak i medycynie wykorzystują te same zasady i prawa fizyczne

Diagnozowane obiekty

Przedmiotem diagnostyki medycznej jest żywy człowiek, którego podczas badań diagnostycznych należy traktować w sposób przemyślany, by na skutek przeprowadzanych pomiarów pewnych charakterystycznych wielkości nie spowodować pogorszenia jego stanu zdrowia w sposób nieodwracalny. Podczas przeprowadzania takich badań należy wziąć pod uwagę jego wiek, a ściślej mówiąc grupę wiekową, płeć, rasę, oraz stan zdrowia. W obrębie tej samej grupy ludzi należy uwzględnić także cechy osobnicze, aby opracowana diagnoza pokrywała się z aktualnym stanem diagnozowanego człowieka. Tak więc człowieka należy traktować jako obiekt niezdeterminowany pod względem występowania wielu cech natury osobniczej, co wymaga zastosowania metod wnioskowania diagnostycznego opartego o metody statystyczne.

Przedmiotem diagnostyki technicznej jest urządzenie techniczne realizujące funkcje przewidziane przez projektanta. Często na etapie projektowania przyjmuje się takie rozwiązania konstrukcyjne, które pozwalają na pozyskanie informacji o funkcjonowaniu poszczególnych jego modułów lub struktury bez naruszania funkcjonalności całego urządzenia. Urządzenie techniczne można traktować jako obiekt zdeterminowany, pozbawiony cech osobniczych co w dużym stopniu ułatwia i upraszcza proces diagnozowania. W urządzeniu technicznym podczas realizacji niektórych procedur diagnostycznych możemy wyłączyć z pracy określone bloki funkcjonalne bez naruszania pełnej funkcjonalności diagnozowanego obiektu.

Pozyskiwanie wstępnych informacji o obiekcie diagnostyki

Proces diagnostyczny w medycynie rozpoczyna się od zebrania wstępnych informacji od pacjenta lub jego opiekunów oraz od analizy dotychczasowej dokumentacji medycznej. Pozyskane tą drogą informacje w wielu przypadkach pozwalają na precyzyjne opracowanie planu i zakresu badań diagnostycznych, jak również są istotnym ułatwieniem przy opracowywaniu diagnozy ponieważ mogą zawierać informacje o pewnych cechach osobniczych diagnozowanego człowieka.

Informacje o przebiegu procesu eksploatacji urządzenia technicznego można pozyskać (choć nie zawsze) od bezpośrednich użytkowników danego obiektu badań diagnostycznych. Jednak pozyskane tą drogą informacje nie zawsze są użyteczne, gdyż użytkownicy nie muszą dysponować odpowiednią wiedzą techniczną dotyczącą eksploatowanego obiektu. Nie bez znaczenia jest fakt, iż tak pozyskane informacje o historii eksploatacji urządzenia technicznego mogą zawierać wiele ocen subiektywnych, mających znikomą przydatność przy opracowywaniu diagnozy. Istotnym źródłem informacji może być prawidłowo prowadzona dokumentacja serwisowa (książka serwisowa), co w chwili obecnej nie jest zjawiskiem powszechnym. W obiektach technicznych wyposażonych w komputery pokładowe, komputerowe sterowniki istnieje możliwość odczytu odpowiednich obszarów ich pamięci nie ulotnej zawierających tzw. rejestr zdarzeń, czyli pozyskania informacji o przekroczeniu wartości niektórych z góry określonych parametrów, kluczowych dla realizowanej funkcji. Informacje te z reguły są podzielone na dwie kategorie: krytyczne i niekrytyczne.

Metody diagnostyczne – diagnostyka analityczna

Analiza płynów ustrojowych jest podstawową metodą diagnostyczną w medycynie. Skład jakościowy, ilościowy oraz chemiczny płynów ustrojowych człowieka jest nośnikiem istotnych informacji o stanie i funkcjonowaniu poszczególnych układów wewnętrznych organizmu. Jest to jedna z najstarszych metod wykorzystywanych w diagnostyce medycznej.

Gwałtowny rozwój urządzeń technicznych pod względem technologicznym w XX wieku wymógł opracowanie nowych metod diagnostycznych, które mogłyby być zastosowane w technice. Jedną z nich jest analiza płynów i materiałów eksploatacyjnych stosowanych w urządzeniach technicznych. Analiza ilościowa i jakościowa płynów eksploatacyjnych daje odpowiedź na pytanie o stan techniczny złożonych nieraz obiektów technicznych (ferrografia olejów silnikowych, przekładniowych i hydraulicznych, określanie zawartości

wody w paliwach, olejach oraz płynie hamulcowym, określanie zawartości cząstek nagarowych w oleju silnikowym itp.)

Wykorzystanie analizy płynów i materiałów eksploatacyjnych jest typowym przykładem zapożyczenia metody diagnostycznej opracowanej na potrzeby medycyny przez diagnostykę techniczną.

Metody diagnostyczne – diagnostyka obrazowa

W 1895 r. miało miejsce epokowe odkrycie Wilhelma Konrada Roentgena. Odkrył on nowy rodzaj promieni, które nazwał promieniami X. W 1896 r. w Wurzburgu odbyło się historyczne posiedzenie, podczas którego Wilhelm K. Roentgen przekazał światu lekarskiemu swoje genialne odkrycie. Dzięki temu, bez użycia skalpela można było oglądać ludzkie kości, a później także inne narządy. Już w tym samym roku polski chirurg, prof. A.S. Obaliński, na podstawie zdjęcia rentgenowskiego rozpoznał zwężenie w stawie łokciowym, a pierwsza polska pracownia rentgenowska powstała dzięki M. Brunnerowi w Szpitalu św. Ducha w Warszawie.

W technice wykorzystano promieniowanie Roentgena do badań nieniszczących materiałów konstrukcyjnych celem wykrycia nieciągłości, wtrąceń niemetalicznych jak również do diagnostyki spoin uzyskanych metodami spawalniczymi. Aparatura do badań obrazowych stosowana w technice różni się od tych stosowanych w medycynie tylko wielkością dawki promieniowania.

Metoda ta mimo iż od jej powstania upłynęło ponad 100 lat jest w dalszym ciągu wykorzystywana. Jej niewątpliwą zaletą jest możliwość uzyskania nieulotnego obrazu w postaci zdjęcia, które może być archiwizowane przez długi okres.

Inną metodą diagnostyczną opracowaną na potrzeby techniki jest defektoskopia ultradźwiękowa. Metoda ta wykorzystuje zjawisko rozchodzenia się, rozpraszania oraz odbicia fali ultradźwiękowej na granicy ośrodków, przy założeniu stałej prędkości rozchodzenia się fali dźwiękowej w badanym materiale. Służy do wykrywania wszelkich wewnętrznych defektów wewnątrz materiałów konstrukcyjnych. Rozwój elektroniki i techniki komputerowej pozwolił na opracowanie nowych metod obrazowania przebiegu rozchodzących się fal ultradźwiękowych w badanym materiale, co pozwoliło na tworzenie 2 wymiarowego obrazu wnętrza badanego materiału. Równoczesny postęp w technice pomiarowej, a zwłaszcza w zakresie budowy przetworników (odbiorników ultradźwięków), pozwoliły na znaczne zmniejszenie wypromieniowywanej mocy strumienia fali akustycznej, koniecznej do prawidłowego przeprowadzenia pomiaru. Niski poziom energii fali ultradźwięków nie jest w zasadzie szkodliwy dla tkanek żywego organizmu, dlatego też na przełomie lat 60-tych i 70-tych ubiegłego stulecia w szpitalach zaczęły pojawiać się pierwsze urządzenia do ultradźwiękowej diagnostyki obrazowej, znanej powszechnie pod skrótem USG.

Metody diagnostyczne – metody elektryczne

Wiele organów człowieka podczas życia generuje sygnały elektryczne (mózg) lub jest pobudzana do pracy słabymi impulsami napięciowymi (serce). Kształtu i wielkość generowanych przez organy człowieka impulsów napięciowych jest ściśle skorelowana ze stanem i jakością pracy zarówno mózgu jak i serca człowieka. Zaobserwowano to już w końcu XIX i na początku XX wieku dwaj uczeni i opracowano podstawy diagnostyki serca (elektrokardiografia 1893 Willem Einthoven) i mózgu (elektroencefalografia - 1929 Hans Berger).

Analogiczna metoda diagnostyczna polegająca na analizie przebiegu zmian napięcia w przewodach zasilających świece zapłonowe w silniku spalinowym pozwala na określenie parametrów technicznych związanych z przebiegiem procesu spalania wewnątrz komory spalania jak też na proces tworzenia iskry zapłonowej. Zastosowanie tej metody analizy przebiegu zmian napięcia pozwoliło w połowie lat 50-tych ubiegłego wieku na budowę pierwszych diagnostów silnikowych, wyposażonych w lampę oscyloskopową do obrazowania przebiegów napięcia generowanego w przewodach zapłonowych.

Metody diagnostyczne – badania wydolnościowe

W diagnostyce technicznej jak i medycznej wykorzystywane są urządzenia do wytwarzania kontrolowanego obciążenia diagnozowanego obiektu. Obciążanie w sposób kontrolowany diagnozowanego obiektu ma na celu zasymulowanie obciążeń jakich obiekt diagnozowany doznaje podczas pracy.

W diagnostyce technicznej do wytwarzania kontrolowanych obciążeń wykorzystuje się różnorodne hamownie (np. hamownie silnikowe, podwoziowe dla pojazdów) za pomocą których symulujemy pracę użyteczną diagnozowanego obiektu oraz rejestrujemy charakterystyczne parametry towarzyszące symulowanej pracy diagnozowanego obiektu. Parametrami tymi najczęściej są: zużycie paliwa lub energii elektrycznej, moc użyteczną, moment obrotowy i inne. Układem hamującym są hamulce mechaniczne, elektryczne, magnetyczne, hydrauliczne lub pneumatyczne. Pierwsze hamownie silnikowe i podwoziowe zostały skonstruowane na początku XX wieku wraz z powstającym i rozwijającym przemysłem samochodowym.

Podczas diagnozowania niektórych układów człowieka zachodzi konieczność kontrolowanego obciążenia organizmu pacjenta oraz pomiar wartości pewnych charakterystycznych parametrów (np. tętno, ciśnienie krwi, zużycie tlenu). W tym celu wykorzystuje się cyklometry (rowery treningowe), ruchome bieżnie. Elementami za pomocą których wytwarza się regulowane obciążenie są hamulce mechaniczne, elektryczne lub magnetyczne. Ich zasada działania i budowa jest podobna do hamulców stosowanych w technice. Pierwsze cyklometry i ruchome bieżnie wykorzystywane są w diagnostyce medycznej od początku lat 50-tych XX wieku.

Metody diagnostyczne – endoskopia

Badania endoskopowe jako jedna z metod diagnostycznych pojawiły się w końcu lat 70 ubiegłego wieku zarówno w medycynie jak i technice wojskowej. Powodem rozwoju badań endoskopowych było opracowanie miniaturowych przetworników obrazu. Badanie to pozwala na obserwację rzeczywistego obrazu niektórych narządów człowieka, czy w technice niedostępnych części i elementów urządzeń.

Metody diagnostyczne – pomiary pod rzeczywistym obciążeniem

W latach 50-tych pojawiły się w samolotach wojskowych pierwsze rejestratory podstawowych parametrów lotu. Pozyskane w ten sposób informacje wykorzystywano podczas ustalania przyczyn wypadków, ale były one także wykorzystywane podczas badań nowych konstrukcji lotniczych. Początkowo rejestrowano tylko kilka parametrów, natomiast

obecnie liczba rejestrowanych parametrów lotu wynosi ok. 30-50. Początkowo zapis odbywał się na drucie stalowym, później na kasetach zawierających taśmę magnetyczną a w chwili obecnej wykorzystywane są pamięci półprzewodnikowe.

Na początku lat 60 Norman Holter opracował metodę rejestracji podstawowych parametrów pracy serca u ludzi w czasie ich normalnej codziennej aktywności. Zapis sygnałów elektrycznych odbywał się początkowo, podobnie jak w pierwszych rejestratorach parametrów lotu, na drucie stalowym. Aktualnie wykorzystuje się w tym celu kasety z taśmą magnetyczną oraz pamięci półprzewodnikowe. Badanie to jest jedną z podstawowych metod diagnozowania niektórych schorzeń serca.

Wnioskowanie diagnostyczne – tabele diagnostyczne

Jedną z najstarszych pomocy przy opracowywaniu diagnozy w medycynie są tabele diagnostyczne typu „objawy–przyczyna”. Ujmują one zbiór objawów chorobowych z przypisanymi do nich możliwymi przyczynami. Jednak w przypadku gdy jednej chorobie towarzyszy wiele objawów tabela diagnostyczna staje się mało czytelna i powstają trudności w posługiwaniu się nią. Rozwinięciem tabel diagnostycznych są grafy diagnostyczne. Graf diagnostyczny obrazuje powiązania między wieloma objawami choroby i możliwymi przyczynami tego stanu pacjenta.

W technice szeroko wykorzystuje się zarówno tabele jak i grafy diagnostyczne jako pomoc dla bezpośredniego użytkownika urządzenia technicznego przy lokalizacji i usuwaniu prostych usterek w funkcjonowaniu posiadanego sprzętu. Najczęściej stanowią one dodatek do instrukcji obsługi urządzenia bądź dokumentacji techniczno – ruchowej. Tak więc opracowana dla potrzeb medycyny pomoc diagnostyczna została wykorzystana w technice jako „pierwsza pomoc” dla bezpośredniego użytkownika urządzenia technicznego.

Wnioskowanie diagnostyczne – systemy ekspertowe

Pierwsze systemy ekspertowe zostały opracowane w na przełomie lat 60 i 70-tych XX wieku jako wsparcie dla lekarzy rodzinnych w Stanach Zjednoczonych ułatwiając diagnozowanie pacjenta. System ekspertowy jako program komputerowy zawiera zarówno bazę wiedzy w danym zakresie, jak również bazę reguł wiążących ze sobą poszczególne fakty i zjawiska. Systemy ekspertowe zostały zaprojektowane w ten sposób, iż posiadają otwartą architekturę, co umożliwia bezpośredniemu użytkownikowi samodzielne powiększanie zarówno bazy wiedzy jak i bazy reguł. Z uwagi na fakt, iż komercyjne wersje systemów ekspertowych są dostarczane użytkownikowi w postaci tzw. shell'a (powłoki), a użytkownik lub grupa użytkowników samodzielnie tworzą zarówno bazę wiedzy jak i bazę reguł w języku naturalnym w zależności od potrzeb, zastosowanie systemów ekspertowych wykroczyło poza obszar medycyny i obecnie są wykorzystywane są one w technice jako moduły wnioskowania diagnostycznego w dużych, zautomatyzowanych systemach diagnostycznych.

Wnioskowanie diagnostyczne – sztuczne sieci neuronowe

Pierwsze sztuczne sieci neuronowe powstały na początku lat 80-tych jako model matematyczny funkcjonowania mikro fragmentu mózgu ludzkiego, z jego podstawowymi cechami tj. zdolnością do uczenia się i zdolnością do uogólniania. Pierwsze zastosowania sztucznych sieci neuronowych polegały na formalizacji opisu silnie nieliniowych zjawisk

w celach ich komputerowej obróbki. Obecnie sztuczne sieci neuronowe wykorzystywane są jako moduły wnioskowania diagnostycznego w komputerach pokładowych urządzeń technicznych i aparatury medycznej, do rozpoznawania obrazów zarówno w technice jak i medycynie, eliminacji zakłóceń w obrazach uzyskanych różnymi metodami (między innymi: wyostrezanie obrazu narządów otrzymanych w wyniku badań USG).

Podsumowanie

Mimo różnic w przedmiocie zainteresowań diagnostyki medycznej i technicznej, posługują się one podobnymi metodami diagnostycznymi (pomiarami sygnałów diagnostycznych), wspólne są też metody wnioskowania diagnostycznego.

Wydaje się, że istnieją obszary zainteresowań, które wspólnie dla obu dziedzin mogą być rozwiązywane np. automatyczne systemy diagnostyczne, prognozowanie stanu obiektu, opracowywanie nowych czujników i przetworników dla celów diagnostycznych.

Bibliografia

- Pokładowe rejestratory danych [on-line]. [30.02.2008]. Dostępny w internecie: <http://heading.pata.pl/flrec1.htm>
- Pokładowe rejestratory danych [on-line]. [30.02.2008]. Dostępny w internecie <http://www.heading.enter.net.pl/flrec1.htm>
- Elektroencefalografia [on-line]. [30.02.2008]. Dostępny w internecie <http://pl.wikipedia.org/wiki/Elektroencefalografia>
- Historia elektrokardiografii. [30.02.2008]. Dostępny w internecie http://pl.wikipedia.org/wiki/Elektrokardiografia#Historia_elektrokardiografii
- Wielka Encyklopedia PWN. 2002-2005. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa. ISBN: 83-01-13357-0

TECHNICAL DIAGNOSTICS AND MEDICAL DIAGNOSTICS – SIMILARITIES AND BORROWINGS

Abstract. Relations between medical and technical diagnostics are discussed. Despite differences in the subject of interest, both medical and technical diagnosis use similar diagnostic methods (diagnostic signals measurement). Methods of diagnostic inference are common, too.

Key words: medical diagnostics, technical diagnostics, diagnostic methods

Adres do korespondencji:

Jerzy Langman; e-mail: rclangma@cyf-kr.edu.pl
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 120
30-149 Kraków