

Mariusz GIERGIEL, Anna SAPIŃSKA-WCISŁO

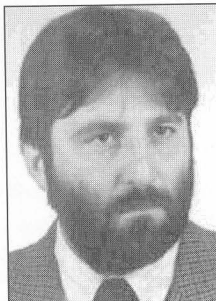
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA, WYDZIAŁ INŻYNIERII MECHANICZNEJ I ROBOTYKI, KATEDRA ROBOTYKI I DYNAMIKI MASZYN

Możliwości zastosowania materiałów inteligentnych w zawieszaniach maszyn wibracyjnych.

dr hab. inż. Mariusz GIERGIEL

Jest pracownikiem w Katedrze Robotyki i Dynamiki Maszyn AGH. Jego główne zainteresowania to komputerowe wspomaganie prac inżynierskich, zastosowanie mechatronicznego podejścia w projektowaniu, budowa i programowanie mikro robotów.

giergiel@agh.edu.pl



mgr. inż. Anna SAPIŃSKA - WCISŁO

Skończyła studia na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH. Obecnie doktorant w Katedrze Robotyki i Dynamiki Maszyn. Główne zainteresowania skupiają się na zastosowaniu materiałów inteligentnych do redukcji drgań mechanicznych.

aniakosz@poczta.onet.pl



Streszczenie

W pracy przedstawiono możliwości zastosowania materiałów inteligentnych w zawieszaniach maszyn wibracyjnych w celu redukcji niepożądanych drgań. Przedstawiono również wyniki badań materiałów inteligentnych na zbudowanym w Katedrze Robotyki i Dynamiki Maszyn AGH stanowisku badawczym. Na podstawie badań oceniono przydatność wybranych materiałów do sterowania parametrami zawieszonych maszyn wibracyjnych.

Abstract

In this paper some basics of new concept of application of smart materials in suspension of vibratory machines are presented. This kind of suspension uses "intelligent" springs made from smart metal NiTi known as Niniol or piezoelectric materials. Parameters of machine suspension may be changed by digital control system. Because of phenomena of such "intelligent" suspension it is possible to

1. Wstęp

Maszyny wibracyjne realizują proces technologiczny lub transportowy na zasadzie przekazywania drgań korpusu maszyny do obrabianego ośrodka i stanowią w wielu gałęziach przemysłu jedyną, bądź najkorzystniejszą formę realizacji procesu technologicznego.

Można tu wymienić urządzenia do wibracyjnego formowania i zagęszczania mieszanek betonowych w budownictwie, zagęszczania gruntu pod budowle drogowe itp., urządzenia do klasyfikacji surowców kopalnych, młyny wibracyjne i obrotowo - wibracyjne, maszyny do zagęszczania form odlewniczych, wybijania odlewów z mas formierskich, przenośniki i dozowniki wibracyjne do materiałów sypkich i wiele innych.

Pracy maszyn wibracyjnych towarzyszy nieodłącznie oddziaływanie na otoczenie poprzez wytwarzane drgania mechaniczne fundamentów i konstrukcji wsporczych oraz emitowany hałas. Dążenie do minimalizacji szkodliwego oddziaływania na otoczenie doprowadziło do prac nad maszynami, których punkt pracy znajduje się powyżej strefy rezonansu, czyli tak zwanych maszyn typu nadrezonansowego. Maszyny i urządzenia wibracyjne pracujące w strefie nadrezonansowej uzyskują przy tym wysoką stabilność amplitudy drgań przy zmiennym obciążeniu roboczym, wahań napięcia sieci zasilającej a także pod wpływem innych zakłóceń losowych występujących podczas pracy maszyny.

Zasadniczą trudność dla konstruktorów i użytkowników maszyn wibracyjnych nadrezonansowych stanowi bardzo znaczny wzrost amplitudy drgań podczas rezonansu przejściowego w stosunku do stanu ustalonego podczas procesów rozruchu i wybiegu. Szczególnie w czasie wybiegu, ze względu na małą wartość oporów ruchu układu napędowego i zgromadzoną w nim wysoką energię kinetyczną (przekraczającą kilkudziesięciokrotnie energię kinetyczną drgań korpusu maszyny) dochodzi do długotrwałego rezonansu przejściowego, zaś powstające w jego wyniku silne drgania korpusu mogą doprowadzić do zrzucenia nadawy, uszkodzenia fundamentu, lub konstrukcji wsporczej (np. stropu) lub nawet zerwania układu zawieszenia sprężystego maszyny.

Materiały inteligentne nazywane również materiałami "smart"[3] są coraz powszechniej stosowanymi materiałami konstrukcyjnymi. Do najczęściej stosowanych materiałów z tej grupy zalicza się materiały piezoelektryczne, magnetostrykcyjne, stopy z pamięcią kształtu, (Shape Memory Alloys (SMA)), ciecze elektro i magneto-reologiczne (Electrorheological fluid (ERF)) oraz płyny optyczne.

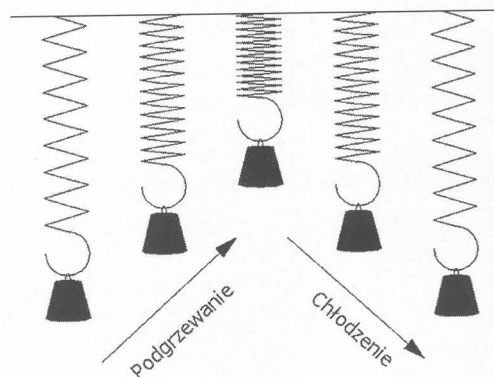
W pracy szczególną uwagę zwrócono na zastosowanie materiałów z pamięcią kształtu oraz materiałów piezoelektrycznych.

2. Materiały z pamięcią kształtu.

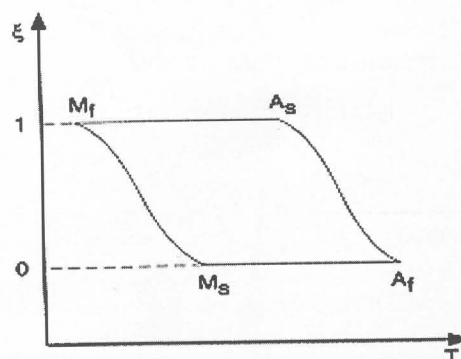
Materiały z pamięcią kształtu są to stopy, które mają zdolności do zapamiętywania pierwotnie nadanego kształtu oraz jego odtworzenie pod wpływem odpowiednich warunków zewnętrznych np. zmiany pola magnetycznego, temperatury.

Do tej grupy materiałów zaliczamy stopy CuAlNi, CuZnNi i Ni-Ti, ten ostatni znalazł największe zastosowanie.

Zachowanie materiałów typu SMA przedstawiono na przykładzie nitinolu. Polega ono na zamianie ciepła wytworzonego przez przepływający prąd, na ruch mechaniczny będący wynikiem zmiany długości (Rys.1).



Rys.1 Schematyczne przedstawienie działania nitinolu.



Rys.2 Krytyczne temperatury działania efektu pamięci kształtu

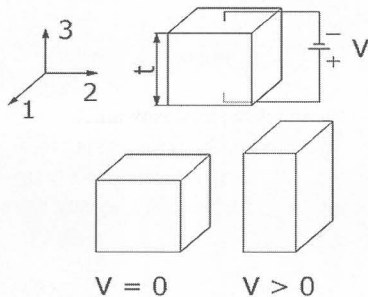
Podgrzewając NiTi do temperatury A_F doprowadzamy go do fazy austenitu w której to drut ulega skróceniu o około 8% i staje się twary (Rys.2). Następnie obniżamy temperaturę dochodzimy do punktu w którym zaczyna następować przemiana, z pełnej struktury austenitu do struktury martenzytycznej. Następuje to w temperaturze oznaczonej na naszym wykresie jako M_S . Przemiana dokonuje się aż do temperatury M_F w której to nasz materiał posiada strukturę czystego martenzytu, drut ulega wydłużeniu. Gdy zaczniemy teraz nagrzewać drut, nic się nie będzie działo dopóki nie dojdziemy do temperatury A_S , przy której to następuje początek przemiany w austenit, martenzytyczne płytki zaczynają się przestawiać do ich oryginalnej konfiguracji. Cały cykl kończy się przy temperaturze A_F , w której drut ma już postać czystego austenitu.

Własności te wykorzystuje się do konstrukcji układów do tłumienia drgań w układach mechanicznych.

2.2 Własności piezoelektryków

Piezoelektryki ogólnie można zdefiniować jako materiały, które reagują na wywieraną na nie siłę. W odpowiedzi na wywołane naprężenia pojawia się na ich powierzchni ładunek elektryczny i odwrotnie, różnica potencjałów na powierzchniach piezoelektryka powoduje zmianę jego wymiarów. Im większa będzie wywierana ta siła tym ładunek będzie większy. Zależność ta jest liniowa.

Geometria i deformacja pojedynczego sześcianu z materiału piezoelektrycznego, który został poddany operacji regulacji bieguności w trzech kierunkach i jest podporządkowany polu elektrycznemu w tych kierunkach, został pokazany na rysunku (Rys.3).



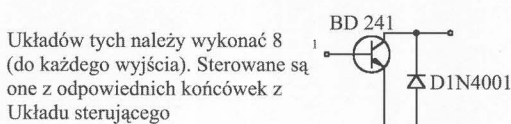
Rys.3 Deformacja sześcianu z PZT podporządkowanemu polu elektrycznemu w trzech kierunkach.

Większość zwykłych piezoelektrycznych ceramików to tytanian ołowiano cyrkonowy (lead zirconate titanate (PZT)), występuje również odmiany nioban ołowiano magnezowy (lead magnesium niobate (PMN)). Ostatnią grupą z piezo materiałów są specjalne polimery, takie jak polywinylidene difluoride (PVDF). Materiały te cechuje mniejszy efekt piezoelektryczny niż ceramiki, lecz ich mechaniczna giętkość ma większe znaczenie w niektórych zastosowaniach.

3. Zasilanie i sterowanie dla elementu wykonawczego z drutami z NiTiNOL-u.

3.1 Układ przełączający.

Układ przełączający (Rys.4) opiera się na pracy tranzystora. Podając napięcie na jego bazę powodujemy otworzenie się tranzystora i prąd o wartości ok. 0,8 A płynie do drutu. W tym układzie dioda zabezpiecza przed wysokim pikiem, który powstaje przy szybkim włączaniu i wyłączaniu obciążenia do źródła.

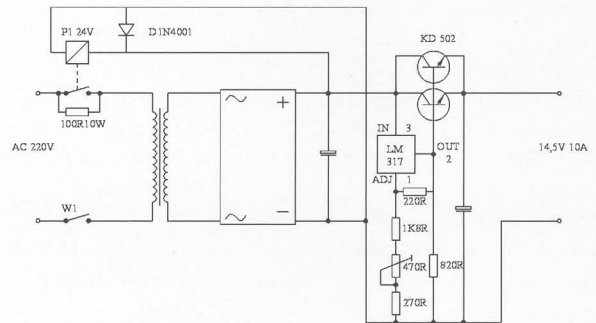


Rys. 4 Układ przełączający do elementów wykonawczych z drutami z NiTiNOL-u.

Do układu przełączającego został podłączony, przy pomocy taśmy 10 żyłowej układ sygnalizujący w postaci belki z 8 diodami LED. Dzięki temu sygnalizowane jest, które druty są sterowane.

3.2 Układy zasilający.

Układ zasilający (Rys.5) oparty jest na stabilizatorze LM317 i dwóch tranzystorach mocy KD502. Potencjometrem 470R możemy dobrać układ do pożądanego napięcia, w zakresie 14-16V.



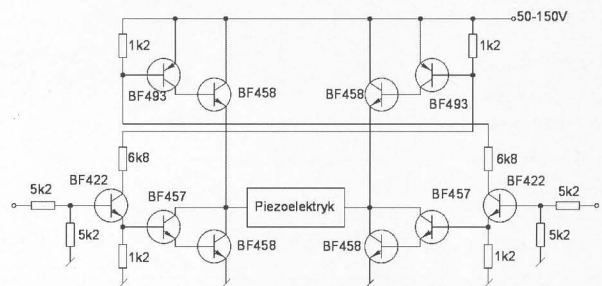
Rys. 5 Schemat zasilania elementów wykonawczych z drutami z NiTiNOL-u.

Układ zasilający został umieszczony na płytce, która stanowi płytę "matkę" dla układu sterowania, przełączania i zasilania sterowania. Elementy te podłączone są poprzez slot 32-wu pinowy.

4. Zasilanie i sterowanie pracą elementu wykonawczego z płytkami piezoelektrycznymi.

4.1 Układ przełączający.

Układ przełączający (Rys.6) pozwala przemieniać polaryzację piezoelektryka w zależności, czy podamy napięcie do lewej czy prawej końcówki. Jeżeli podamy sygnał z lewej strony to z lewej strony piezoelektryka mamy "-" a z prawej "+" i analogicznie z drugiej strony. Możemy dowolnie kształtować przebieg, który podajemy na każdą płytkę piezoelektryka. Układ zbudowany jest na tranzystorach przenoszących napięcie 150V.

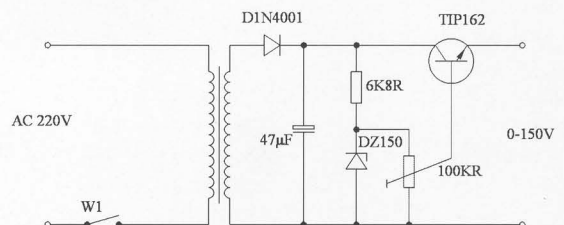


Układów takich należy wykonać 4 do każdej płytki piezoelektryka.

Rys. 6 Schemat układu przełączający do elementów wykonawczych z płytkami piezoelektrycznymi.

4.2 Układ zasilający.

Układ zasilający (Rys.7) oparty jest na tranzystorze TIP162. Jest to układ darlingtona, n-p-n o napięciu 380V i prądzie 10A. Poprzez regulację na oporze 100KR uzyskiwane jest napięcie wyjściowe w zakresie od 0 do 160 V.

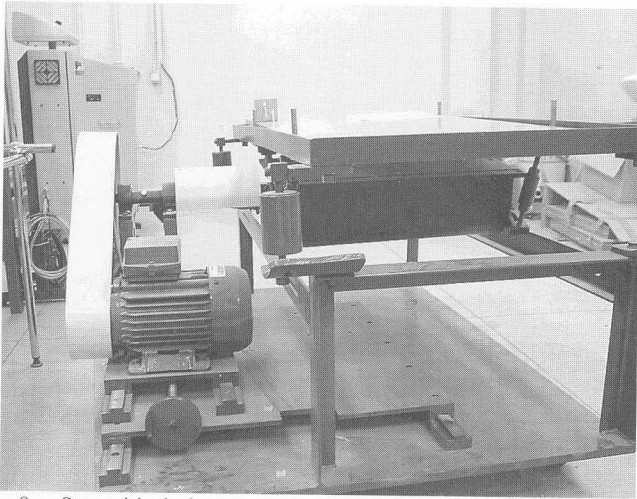


Rys. 7 Zasilanie elementów wykonawczych na bazie materiałów piezoelektrycznych.

5. Budowa stanowiska badawczego z wykorzystaniem Nitinolu.

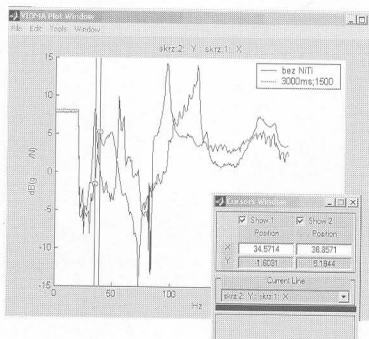
W celu przeprowadzenia badań nad zastosowaniem Nitinolu do kształtowania parametrów zawieszonych maszyn wibracyjnych została wykonana belka z żywicy epoksydowej wzmocniona aluminium o wymiarach (53cm,4.5cm,0.8cm). W żywicy zostało zatopionych pięć drutów wykonanych z Nitinolu o średnicy 0,01". Tak zaprojektowana belka została zamocowana na stanowisku badawczym. Końce druta Nitinolu podłączono do zasilania z odpowiednim sterowaniem.

Do sterowania drutami wykonanych z Nitinolu został napisany odpowiedni program komputerowy. W programie tym możemy nastawić trzy różne czasy grzania w trzech fazach pomiarów. Na początku każdego cyklu badań wskazane jest ustawienie wstępnego czasu grzania, w celu podgrzania belki i doprowadzenia jej do pewnej temperatury pracy. Dla każdego czasu trwania badania, możemy ustalić czas nagrzewania, czyli zasilania konkretnego drutu, oraz czas chłodzenia. Możemy również wybrać, które druty należy grzać.

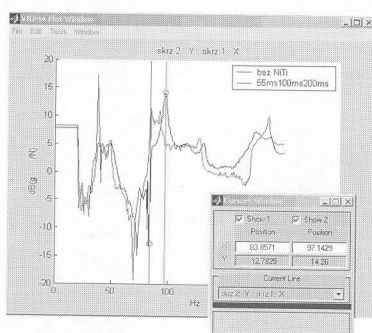


Rys.8 Stanowisko badawcze - maszyna wibracyjna.

Zapotrzebowanie mocy nitinolu można określić na ok. 800 mA (dla 5 drutów 4000mA). Prąd taki występuje jedynie w momencie aktywacji. Ze względu na opór własny nitinolu (kilka Ohm) przyjęto, że źródło zasilania musi mieć napięcie prądu 10-11 V.



Rys.9 Wykres częstości drgań dla belki z Nitinolem przy grzaniu w jednej fazie.



Rys.10 Wykres częstości drgań dla belki z Nitinolem przy grzaniu w trzech fazach.

W badaniu podgrzewano wszystkie druty przy jednej i trzech fazach. Najlepsze wyniki przy grzaniu w jednej fazie uzyskano przy czasie grzania 3000ms i czasie chłodzenia 1500ms (Rys.9). Jak widać z poniższego rysunku częstość drgań belki uległa zmniejszeniu o około 4 Hz a amplituda nieznacznie wzrosła.

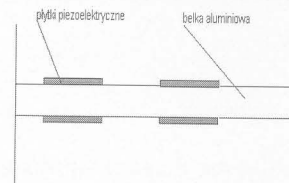
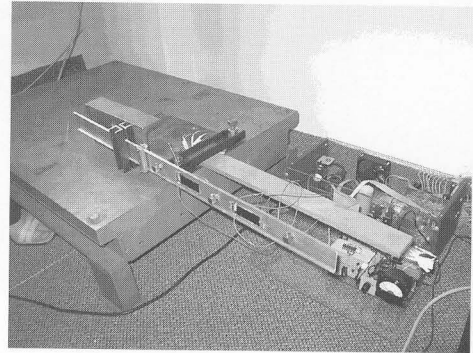
Przy grzaniu w trzech fazach (Tabela 1) pierwsza częstość drgań ulega zmianie ale za to amplituda wzrosła, natomiast druga częstość uległa wyraźnemu zmniejszeniu o około 14 Hz oraz amplituda się zmniejszyła (Rys.10). Z tych dwóch przykładów można wywnioskować, że najlepsze wyniki uzyskuje Nitinol dla długiego czasu nagrzewania i chłodzenia.

| | I faza | II faza | III faza |
|----------------|--------|---------|----------|
| Czas działania | 55s | 100s | 200s |
| Grzanie | 100ms | 3000ms | 200ms |
| Chłodzenie | 100ms | 1500ms | 200ms |

Tabela.1 Przedstawienie podgrzewania Nitinolu w trzech fazach.

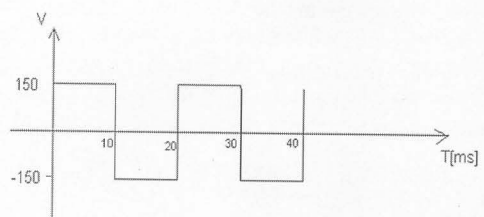
6. Budowa stanowiska badawczego z wykorzystaniem płytek piezoelektrycznych.

Do badań została wykonana belka aluminiowa o wymiarach (53cm 4.5cm 0.8cm). Na belce zostały przyklejone cztery płytki piezoelektryczne o wymiarach (60.0mm 20.0mm 0.6mm). Płytki zasilane były napięciem o amplitudzie 50V-150V (Rys.10).

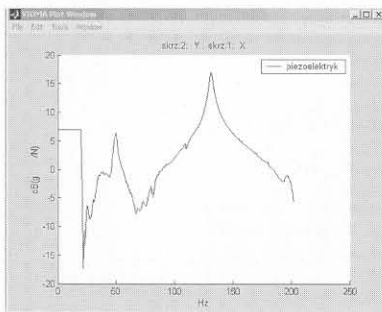


Rys.11 Stanowisko badawcze z do badań drgań belki płytkami piezoelektrycznymi.

Do sterowania napięciem wykorzystano zasilanie sterowane przez złącze LPT z komputera klasy PC. Wykorzystany program umożliwia skonfigurować sposób zasilania jak i częstotliwość podawanego napięcia dla każdej z płytek piezoelektrycznych z osobna. Możemy sterować wpływem, amplitudą oraz sygnałem fali stojącej. Dzięki temu wykazano możliwość sterowania falą drgań generowanych przez płytki, iż możemy zasilać dwie płytki tak, aby drgania ich były w przeciwfazie. Istnieje również możliwość zasilania danych płytek tylko napięciem dodatnim lub ujemnym.



Rys.12 Sygnał wejściowy podawany na płytki piezoelektryczne.



Rys13 Wykres częstotliwości drgań dla płytki piezoelektrycznej.

Do sterowania płytkami piezoelektrycznymi wykorzystano napięcie 150V dla częstotliwości: 10Hz, 20Hz, 50Hz oraz 65Hz (Rys.11). Najlepsze oddziaływanie piezoelektryków na częstotliwości drgań belki otrzymuje się dla częstotliwości rezonansowej płytki piezoelektrycznej, która wynosi 65Hz (Rys.12).

Wnioski

Uzyskane wyniki wskazują na duże możliwości zastosowanie materiałów inteligentnych w układach zawieszonych maszyn wibracyjnych których regulowanych charakterystykach, w których szczególnie ważne jest sterowanie własnościami dynamicznymi. Materiały z pamięcią kształtu stosuje się do układów semistatycznych to znaczy takich gdzie czas reakcji układu nie musi być stosunkowo długi. Zasadniczą wadą materiałów z pamięcią kształtu jest duży pobór prądu co utrudnia realizację sterowania.

Za to w układach gdzie jest krótki czas reakcji układu można z powodzeniem stosować materiały piezoelektryczne.

Zastosowanie inteligentnej sprężyny, w której cyfrowy układ sterowania wpływać będzie na przestrojenie jej parametrów po-

zwolić powinno na znaczną eliminację uciążliwości związanych ze zjawiskiem przejścia przez rezonans. Koncepcja ta jest oparta na zmianach jakie zachodzą w strukturze krystalicznej NiTi to znaczy skrócenie drutu pod wpływem przyłożonego napięcia. Także zastosowanie materiałów piezoelektrycznych elementach układach zawieszonych sprężystych maszyn wibracyjnych pozwalające wpływać na charakterystykę układu zawieszenia wydaje się być perspektywiczne.

Literatura

1. A. V. Srinivasan, D.M McFarland , Smart structures, Cambridge University Press 2001, 26-72.
2. L. Gaul, U. Stobener - " Active control of structures", Institute A of Mechanics, University of Stuttgart, J.M.M. Silva and N.M.M. Maia (eds.), Modal Analysis and Testing ,Stuttgart 1999, str 453-486
3. D. Lewandowski - "Zastosowania materiałów aktywnych -Application smart materials", Wrocław 2000
4. D.J.Inman - "Smart structures solutions to vibration problema", Proceedings of ISMA 23,1998,str. 1-12
5. A.Baz.,K.Imam,J.McCoy, Active vibration control of flexible beams using shape memory actuators . Journal of Sound and Vibration ,1990,140(3), 437-456
6. www.dynalloy.com
7. Giergiel M.: Ineligent Vibrator for Over-resonat Machines. Zeszyty Naukowe Katdry Mechaniki Stosowanej P.Ś. 9/2002 Gliwice 2002
8. Giergiel M.: Komputerowe wspomaganie w projektowaniu maszyn wibracyjnych. Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków 2002 (monografia)
9. . Giergiel M. Sapińska-Wcisło : Zastosowanie elementów inteligentnych w zawieszonych nadrezonansowych maszyn wibracyjnych , Przegląd Mechaniczny , vol.6, 2004, str. 38-41

Title: Possibilities of Application of Smart Materiale in Suspensions of Wibratory Machines.

Artykuł recenzowany

RECENZJE

MEDICAL IMAGE UNDERSTANDING TECHNOLOGY.

Prof. Ryszard Tadeusiewicz, Prof. Marek Ogiel
Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2004 r., ISBN 3-540-21985-4

W książce Autorzy przedstawili nowe, unikalne podejście do analizy obrazów, ze szczególnym uwzględnieniem zastosowań w medycynie. Jako pierwsi przedstawili bardzo dojrzałą koncepcję automatycznego rozumienia obrazów. Rozumienie obrazów jest według Autorów kolejnym po przetworzeniu, analizie i rozpoznawaniu, etapem w procesie komputerowej obróbki obrazu. Autorzy podjęli w książce niezmiernie trudny i ważny problem automatyzacji interpretacji obrazów medycznych. To nowe podejście przedstawione jest w książce w sposób przejrzysty i bardzo dydaktyczny. Na bazie znanych pojęć z zakresu przetwarzania, analizy, segmentacji i klasyfikacji obrazów Autorzy wprowadzili pojęcia związane z technologią rozumienia obrazów, ilustrując je przykładami z zakresu zastosowań w medycynie. Technologia przedstawiona w książce umożliwia rozwiązywanie problemów analizy obrazów dla przypadków do tej pory bardzo trudnych lub nawet niemożliwych do automatyzacji. Taki przypadkami były specjalnie kontrastowane obrazy rentgenowskie szczególnie trudnego diagnostycznie narządu, jakim jest trzustka (tak zwane obrazy ERCP), a także inne obrazy medyczne z tomografii komputerowej, koronografii serca czy urografii układu moczowego człowieka. Obrazy te cechuje duża zmienność osobnicza, oraz warunkowana zmiennością form i zakresu patologii niepowtarzalność diagnostycznie ważnych cech obrazu. Autorzy przytoczyli przykłady obrazów, które dla danej (identycznej) jednostki chorobowej różniły się znacznie w zależności od cech morfologicznych badanego pacjenta. Problem rozpoznawania obrazów w tych przypadkach jest bardzo trudny, a w wielu przypadkach niemożliwy do rozwiązania metodami klasycznymi.

Autorzy zaproponowali nową technologię rozwiązania tego typu problemów nazwana przez nich technologią rozumienia obrazów. Technika ta nawiązuje do metod lingwistyki matematycznej i metod opisywania struktury obrazu z wykorzystaniem specjalnych gramatyk oraz dostosowanych do nich parserów. Według mnie autorzy dokonali znacznego postępu w dziedzinie rozpoznawania obrazów, stworzyli nową jakość w tych technikach, która może być wykorzystana do rozwiązywania wielu problemów w innych dziedzinach, wszędzie tam gdzie zachodzi konieczność podejmowania decyzji na podstawie analizy obrazu. Stosując zaproponowaną technologię badacz zwolniony jest od żmudnych operacji związanych z interpretacją wyników przetwarzania obrazów, a zaimplementowana technologia rozumienia obrazów podaje mu w wyniku ostrzeżenia i alarmy. Treść publikacji podzielona została na sześć rozdziałów oraz spis bibliografii z zakresu rozpoznawania i rozumienia obrazów. Bardzo liczne przykłady zastosowań uwiarygodniają przedstawione rozważania teoretyczne oraz opisane procedury.

Książkę tą polecam uwadze wszystkim, którzy w swojej działalności badawczej lub inżynierskiej zajmują się rozpoznawaniem obrazów w zakresie rozwoju techniki, jak również zastosowań. Może ona być też przydatna tym, którzy interesują się możliwościami automatyzacji rozumienia w innych jak rozpoznawanie obrazów dziedzinach nauki i techniki.

Tadeusz Uhl