

# POSTĘPY OBRAZOWANIA TERMICZNEGO W MEDYCYNIE – PRACA POŚWIĘCONA OSOBIE PROFESORA ANTONIEGO NOWAKOWSKIEGO

## ADVANCES OF INFRARED THERMAL IMAGING IN MEDICINE – DEVOTED TO PROFESSOR ANTONI NOWAKOWSKI

**Joanna Bauer**

Instytut Inżynierii Biomedycznej i Pomiarowej, Wydział Podstawowych Problemów  
Techniki, Politechnika Wrocławska, 50-370 Wrocław, Wybrzeże Wyspiańskiego 27

e-mail: joanna.bauer@pwr.wroc.pl

### STRESZCZENIE

Praca stanowi skrótowy przegląd wiedzy na temat historii oraz najnowszych osiągnięć termografii medycznej. Przesłanką do napisania niniejszej pracy stało się 132. Seminarium Międzynarodowego Centrum Biocybernetyki, które odbyło się na przełomie czerwca i lipca 2013 i było okazją do integracji oraz do wymiany poglądów międzynarodowych i krajowych środowisk naukowych, zajmujących się medycznymi zastosowaniami termografii. Inicjatorem i przewodniczącym Seminarium *Advances of Infrared Thermal Imaging in Medicine* był Profesor Antoni Nowakowski z Politechniki Gdańskiej.

### ABSTRACT

This review presents briefly the history and current advances of thermal imaging in medicine. The reason to write it, it was the 132. Seminar of the International Center of Biocybernetics held in Warsaw from 30 June to 3 July 2013. The Seminar devoted to *Advances of Infrared Thermal Imaging in Medicine* was initiated and chaired by Professor Antoni Nowakowski from Gdańsk University of Technology.

Słowa kluczowe: termografia medyczna, 132. Seminarium MCB

Keywords: medical thermography, 132. ICB Seminar

W dniach 30 czerwca do 3 lipca 2013 w Instytucie Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. M. Nałęcza Polskiej Akademii Nauk (IBIB PAN) w Warszawie odbyło się 132. Seminarium organizowane przez Międzynarodowe Centrum Biocybernetyki (ang. *International Centre of Biocybernetics, ICB*), poświęcone zastosowaniom termografii w medycynie: „*Advances of Infrared Thermal Imaging in Medicine*”. Spotkanie zostało objęte patronatem przez dyrektora IBIB PAN oraz ICB Prof. dr hab. inż. Jana Marię Wójcickiego, a także otrzymało wsparcie finansowe Polskiej Akademii Nauk. Przewodniczącymi Seminarium byli Profesorowie Antoni Nowakowski z Politechniki Gdańskiej i James Mercer z Norwegii (p. rys. 1), Prezes Europejskiego Towarzystwa Termologicznego (ang. *European Association of Thermology, EAT*) [1].

Organizator seminarium, Międzynarodowe Centrum Biocybernetyki rozpoczęło swoją działalność w czerwcu 1988 roku. Zrzesza ono europejskie, jak również pozaeuropejskie instytucje o charakterze badawczo-rozwojowym. Podstawowym celem działalności ICB jest integracja międzynarodowego środowiska naukowego oraz popularyzacja wiedzy z zakresu szeroko rozumianej biocybernetyki i inżynierii biomedycznej, głównie poprzez organizację spotkań naukowych w postaci specjalistycznych seminariów, konferencji i szkoleń oraz publikacje materiałów naukowych. Jak dotąd, MCB zorganizowało ponad 130 tematycznych seminariów, m.in. w takich obszarach jak biopomiary, biosystemy, bioinformatyka, biomechanika i sztuczne narządy [2].



Rys. 1. Na zdjęciu od lewej Prof. James B. Mercer, Prof. Kurt Ammer, Prof. Antoni Nowakowski oraz Prof. Daniel L. Balageas (fot. z archiwum A. Nowakowskiego)

132. Seminarium ICB, poświęcone zostało aktualnym trendom w dziedzinie zastosowań obrazowania termalnego w medycynie. Zaproszono na nie specjalistów z czołowych europejskich i polskich ośrodków badawczych, zajmujących się termografią medyczną (p. rys. 2). Termografia jest jedną ze zdalnych metod pomiarowych pozwalających na rejestrację powierzchniowego rozkładu temperatury ciała. Klasyczna, pasywna termografia podczerwieni po raz pierwszy do celów diagnostycznych w medycynie, została zastosowana w latach 60-tych ubiegłego wieku. Początkowo stosowano ją głównie do rozpoznawania nowotworów piersi.



Rys. 2. Uczestnicy 132. Seminarium MCB (z archiwum A. Nowakowskiego)

W licznych pracach z tamtego okresu dowiedziono, że badania termograficzne sutka mogą być z powodzeniem używane jako dopełniające do badań mammograficznych oraz klinicznych i zdecydowanie zwiększają prawdopodobieństwo postawienia prawidłowej diagnozy [3, 4]. Niestety wyniki te zostały w latach siedemdziesiątych – jak się później okazało, całkiem niesłusznie – podważone przez duży projekt badawczy pod tytułem „*Breast Cancer Detection and Demonstration Project (BCDDP)*”, realizowany w USA. W efekcie, przez dłuższy czas praktycznie zarzucono stosowanie termografii w aplikacjach medycznych. Tymczasem, jak pokazały późniejsze analizy, rozbieżność wyników projektu BCDDP w stosunku do wcześniejszych badań, wynikała w dużej mierze z błędów metodologicznych popełnionych na etapie rejestracji termogramów oraz braku odpowiedniego przeszkolenia personelu odpowiedzialnego za analizę wyników końcowych [5].

Szczęśliwie, wspomniany przestój nie trwał długo. Pod koniec lat osiemdziesiątych wojsko udostępniło do użytku publicznego tzw. matryce FPA (ang. *Focal Plane Arrays*), które zrewolucjonizowały rynek termowizorów. Zastąpiły one, stosowane we wcześniejszych wersjach termografów, pojedyncze detektory lub linijki detektorów oraz towarzyszące im złożone, opto-mechaniczne systemy rejestracji sygnału. Poprawiły także właściwości metrologiczne kamer oraz zapewniły wygodniejszą bardziej kompaktową budowę. Kolejnym przełomowym wydarzeniem było użycie w matrycach FPA niewymagających chłodzenia detektorów termicznych, które wprawdzie cechują się gorszymi parametrami niż potrzebujące schładzania detektory fotonowe, tj. są mniej czułe i z reguły wolniejsze, ale za to pozwalają na znaczne obniżenie ceny kamery termowizyjnej [6].

Rozwój bezdotykowych metod pomiaru temperatury oraz towarzyszący szybki postęp technologii komputerowych i informacyjnych – w szczególności metod cyfrowej analizy i przetwarzania danych obrazowych – doprowadziły wkrótce do ponownego zainteresowania naukowców termografią medyczną. Obok klasycznej termografii statycznej (TS), w której mierzy się rozkład temperatury ciała na jego powierzchni, zaczęto stosować bardziej zaawansowaną aktywną termografię dynamiczną (ADT), niosącą informację o trójwymiarowej transmisji ciepła w czasie, która zachodzi w tkankach pod wpływem zewnętrznego bodźca termicznego. Wspomniana ADT zalicza się do tzw. nieniszczących badań w podczerwieni (ang. *Thermal Nondestructive Testing, TNDT* lub *Nondestructive Testing Thermal Imaging, NDT-TI*), które rozwijają się na świecie od przeszło 30 lat [7]. Techniki TNDT ze względu na sposób pobudzania termicznego, jak również stosowane metody przetwarzania sygnałów pomiarowych dzieli się na:

- termografię impulsową (ang. *Pulsed Thermography*)
- termografię impulsowo-fazową (ang. *Pulse Phase Thermography*)
- termografię modulacyjną (ang. *Modulated Thermography* lub *Lock-in Thermography*) [8, 9].

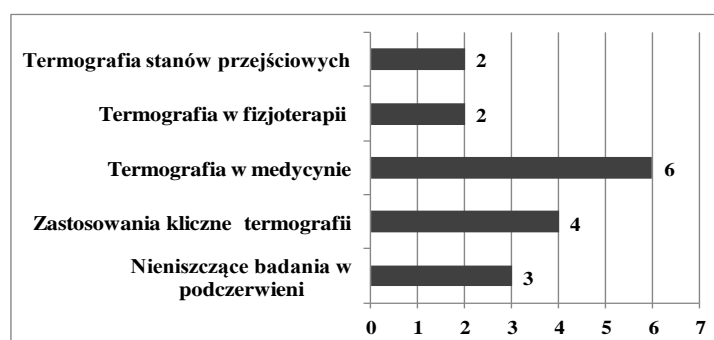
Wspomniane wyżej pasywne i aktywne metody pomiarowe stosowane w termografii znalazły w ostatnich kilku dekadach szerokie zastosowanie nie tylko w medycynie i fizjoterapii, ale także w szeroko rozumianej inżynierii biomedycznej. Badania te kontynuowane są obecnie w wielu centrach badawczych na świecie. W Polsce funkcjonuje kilka wybitnych ośrodków, specjalizujących się w zakresie termografii medycznej, mogących się pochwalić osiągnięciami na światowym poziomie. Należą do nich m.in.:

- Katedra Inżynierii Biomedycznej na Wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej, w której pracuje zespół Pana Prof. dr hab. inż. Antoniego Nowakowskiego,
- Zakład Fizyki Medycznej w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Śląskiego, kierowany przez Panią Prof. dr hab. Zofię Drzazgę,
- Klinika Pediatrii, Nefrologii i Alergologii Dziecięcej w Wojskowym Instytucie Medycznym Centralnego Szpitala Klinicznego MON w Warszawie, którą kieruje Pani Prof. dr hab. n. med. Anna Jung,
- Zakład Układów Elektronicznych i Termografii Instytutu Elektroniki Politechniki Łódzkiej kierowany przez Pana Prof. dr hab. inż. Bogusława Więcka,
- Zakład Komputerowych Systemów Biomedycznych Instytutu Informatyki Uniwersytetu Śląskiego kierowany przez Pana Prof. dr hab. inż. Zygmunta Wróbla,

– Grupa Bio-Optyki Instytutu Inżynierii Biomedycznej i Pomiarowej Politechniki Wrocławskiej kierowana przez Panią Prof. dr hab. inż. lek. med. Halinę Podbielską oraz kilka innych ośrodków badawczych, których nie sposób wszystkich wymienić, a których prace wpisują się w nurt najnowszych badań w dziedzinie zastosowań obrazowania termicznego w medycynie i naukach pokrewnych.

132. Seminarium ICB zorganizowane przez Pana Profesora Antoniego Nowakowskiego stało się okazją do podsumowania głównych osiągnięć w dziedzinie termografii medycznej z ostatnich kilku lat. Obrady seminarium rozpoczęły się od krótkich mów powitalnych Pana Prof. Antoniego Nowakowskiego oraz Prof. Jamesa Mercera. Gości przywitał również dyrektor ICB Pan Prof. dr hab. inż. Jan Maria Wójcicki, który wygłosił krótki referat poświęcony działalności Międzynarodowego Centrum Biocybernetyki. W referacie tym przybliżył historię ICB, jego misję i cele, a także dotychczasowe osiągnięcia oraz aktualny zakres aktywności naukowej.

Wykład plenarny wygłosił Prof. Francis J. Ring z University of South Wales w Wielkiej Brytanii. W swoim wystąpieniu Prof. Ring przypomniał historię rozwoju termologii i termografii oraz opowiedział o najnowszych osiągnięciach termografii medycznej. Program seminarium był bardzo szeroki i obejmował 5 obszarów tematycznych (p. rys. 3). W sumie wygłoszono 17 zaproszonych wykładów (p. tab. 1).



Rys. 3 Liczba wykładów w poszczególnych sesjach tematycznych

Tabela 1. Wybrane referaty zaproszone na 132. Seminarium ICB: *Advances of Infrared Thermal Imaging in Medicine*

| Tytuł prezentacji   | Autorzy  |
|---|--|
| History of Thermology and Thermography: Pioneers and Progress   | E.F.J. Ring  |
| The Thermographic Signal Reconstruction method: a powerful tool for the enhancement of transient thermographic images   | D.L. Balageas, J.-M. Roche, F.-H. Leroy, A.M. Gorbach              |
| Active Dynamic Thermography and Thermal Tomography in medical diagnostics – advantages and limitations  | A. Nowakowski  |
| Usefulness of face thermograms for a sinus patient classification by use of linear predictive coding  | P. Murawski, B. Kalicki, A.Jung, J. Żuber                          |
| Dynamic Infrared Thermography (DIRT) can be used for accurate mapping of perforators in breast reconstruction based on surgical results and Computed Tomography Angiography (CTA) finding | J.B. Mercer, S. Weum, I. Hoiland, L. De Weerd                      |
| Thermographic evaluation in tendinopathies: a review and clinical study   | A. Seixas, J. Gabriel, R. Vardasca                                 |
| IR-thermal imaging in cardiosurgery   | M. Kaczmarek   |
| Thermal imaging in neuropsychology  | A. Merla   |
| Assessment of physiotherapeutic procedures by means of thermovision   | J. Bauer, E. Boerner, H. Podbielska                                |
| A method to standardize medical thermal images of the human body based in templates   | R. Vardasca, E.F.J. Ring, P. Plassmann, C.D. Jones, J. Gabriel     |
| Thermal imaging application in physical medicine  | Z. Drzazga, A. Cholewka, W. Ciszek, A. Stanek, A. Sieroń, M. Czuba |
| Infrared Thermography as a means to quantify the effects of the training load   | M. Sillero-Quintana  |
| Temperature of the finger tips in subjects with suspected Reynaud's phenomenon  | K. Ammer   |
| Dynamics of temperature and color in the infrared image fingertips hand as indicator of the life and death of a person  | A.L. Urakov, N.A. Urakova, A.A. Kastakin                           |
| Methods of face localization in thermograms   | M. Marzec, R. Koprowski, Z. Wróbel                                 |
| Transient thermography application for thermal modeling of a human skin   | B. Więcek, M. Strąkowska, G.De Mey, M. Strzelecki                  |

Pan Profesor Antoni Nowakowski wygłosił wykład poświęcony aktywnej dynamicznej termografii medycznej oraz tomografii termicznej. O ile zagadnienia związane z ADT są stosunkowo znane, o tyle uwarunkowania teoretyczne i praktyczne tomografii termicznej są nadal jeszcze niedostatecznie zbadane i opisane w literaturze fachowej. U podstaw tworzenia termicznych obrazów tomograficznych, odzwierciedlających trójwymiarowe rozkłady przewodności termicznych badanych obiektów, leży, z jednej strony proces rejestracji termogramów przy pomocy ADT, a z drugiej modelowanie procesów wymiany ciepła. Tworzenie modeli termicznych, opisujących zjawiska rozchodzenia się ciepła w tkankach biologicznych jest zagadnieniem niezwykle trudnym z uwagi na fakt, iż procesy te zależą zarówno od struktury tkanek, ich właściwości termicznych, jak i wielowymiarowych współzależności zachodzących pomiędzy różnymi mechanizmami wymiany ciepła, takimi jak promieniowanie, konwekcja i przewodzenie. Z drugiej strony należy pamiętać o bezsprzecznych zaletach tomografii termicznej. Metoda ta jest całkowicie bezpieczna oraz nieinwazyjna. Pozwala także w sposób obiektywny monitorować proces leczenia oraz ewentualny postęp choroby [10].

Pani Prof. dr hab. Zofia Drzazga z Uniwersytetu Śląskiego zaprezentowała niezwykle ciekawe wyniki oceny termowizyjnej skutków tlenoterapii hiperbarycznej, krioterapii ogólnoustrojowej oraz terapii i diagnostyki fotodynamicznej. W trakcie pierwszego eksperymentu analizowano zmiany średniej temperatury obszaru owrzodzeń troficznych przed i po tlenoterapii hiperbarycznej. Badania pokazały, iż pobyt w komorze hiperbarycznej skutkuje statystycznie istotnymi zmianami temperatury, zarówno na obrzeżach owrzodzenia, jak i w samych obszarach dotkniętych owrzodzeniem [11].

Inne badania dotyczyły oceny skutków kriostymulacji ogólnoustrojowej u chorych na zapalenie nerwu kulszowego ZNK, chorobę zwyrodnieniową stawów kręgosłupa ZK oraz zeszywniające zapalenie stawów kręgosłupa ZZSK. Zauważono, że w przypadku chorych na ZNK występują charakterystyczne symetryczne obszary o podwyższonej temperaturze wzdłuż i wokół okolicy lędźwiowo-krzyżowej kręgosłupa. Podobnie wygląda sytuacja u chorych na ZK, przy czym zmiany te występują w szerszym zakresie niż u chorych na ZNK. U pacjentów z ZZSK podwyższoną temperaturę obserwuje się natomiast niemal na całej długości kręgosłupa [12].

Zespół Pani Profesor Drzazgi prowadził również badania nad zastosowaniem termografii w diagnostyce zmian nowotworowych skóry. Wykazano, że termografia może być przydatna do różnicowania zmian złośliwych, takich jak rak podstawno-komórkowy (ang. *Basal Cell Carcinoma*, *BCC*) oraz łagodnych, jak brodawki łojotokowe (ang. *Seborrhoeic Keratosis*, *SK*). Można również przy jej pomocy monitorować efektywność diagnostyki i terapii fotodynamicznej [13].

Doktor inż. Mariusz Kaczmarek z Politechniki Gdańskiej mówił o wykorzystaniu aktywnej dynamicznej termografii do monitorowania stanu mięśnia sercowego w trakcie zabiegów kardiochirurgicznych. Zaprezentował wyniki termograficznego monitoringu operacji pomostowania tętnic wieńcowych z użyciem krążenia pozaustrojowego (ang. *Coronary Artery Bypass Grafting*, *CABG*) oraz bez jego użycia (ang. *Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting*, *OPCABG*), które otrzymał we współpracy z Instytutem Kardiochirurgii Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego. Obrazowanie termograficzne jest nie tylko pomocne przy lokalizowaniu tętnic wieńcowych, które mają podlegać pomostowaniu, ale także pozwala na ocenę skuteczności kardioplegii. Umożliwia ocenę drożności naczyń wieńcowych oraz pomaga określić miejsca wszczęcia pomostu [14].

Politechnikę Wrocławską reprezentowała dr inż. Joanna Bauer. Tematem jej wystąpienia była termowizyjna ocena kolejności zabiegów fizykoterapeutycznych. Celem badań prowadzonych od ponad roku wspólnie z Prof. Haliną Podbielską oraz dr Ewą Boerner z Akademii Wychowania Fizycznego we Wrocławiu jest opracowanie spersonalizowanych procedur doboru parametrów zabiegów fizykoterapeutycznych. Prawidłowe planowanie zabiegów oraz właściwe dawkowanie bodźców fizykalnych nie jest zagadnieniem trywialnym i przysparza, zarówno lekarzom, jak i fizykoterapeutom, sporo kłopotów. Wymaga bowiem nie tylko znajomości wszystkich fizjologicznych i patologicznych uwarunkowań reakcji organizmu na bodźce, ale również systematycznego śledzenia sposobu reagowania na nie w trakcie całego leczenia fizykoterapeutycznego. Zagadnieniem szczególnie złożonym jest stosowanie politerapii, w tym ustalanie odpowiedniej kolejności zabiegów lub łączenie metod działających przeciwstawnie. Pobierane w krótkim czasie różne zabiegi fizykalne mogą, bowiem działać w stosunku do siebie

synergistycznie lub antagonistycznie. Ważne jest także zapewnienie odpowiednich przerw między zabiegami tak, aby nie zwiększać ryzyka powikłań [15]. Nie bez znaczenia są również cechy osobnicze pacjentów. Wstępne, niepublikowane jeszcze badania pokazują, że parametry takie jak czas ekspozycji na bodziec, jego moc, powinny być dobierane z uwzględnieniem płci, wieku oraz warunków fizycznych danej osoby, jak np. współczynnik BMI (ang. *Body Mass Index*).

Oprócz niezmiernie ciekawych i pouczających referatów był czas na niemiłej ciekawe i znakomicie zorganizowane spotkania towarzyskie (p. rys. 4 i 5).



Rys. 4. Na zdjęciu od prawej Pani Prof. Zofia Drzazga, Pani Anna Nowakowska oraz Pani Prof. Anna Jung (fot. z archiwum A. Nowakowskiego)



Rys. 5. W trakcie spotkania towarzyskiego: od lewej Prof. Bogusław Więcek, Prof. Francis Ring i Prof. Daniel L. Balageas (fot. z archiwum A. Nowakowskiego)

Seminarium stało się też niezwykłą okazją do świętowania 70-letniej rocznicy urodzin Profesora Antoniego Nowakowskiego. Pan Profesor dr hab. inż. Antoni Nowakowski urodził się 6.07.1943 roku w Krakowie. Jest absolwentem Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej, który ukończył w 1967 roku na kierunku Aparatura Elektroniczna, w specjalizacji Elektronika Medyczna. Od samego początku jego zainteresowania naukowe wiązały się ściśle z techniką podczerwieni. Swoją pracę magisterską poświęcił termografii medycznej. W kolejnych latach zajmował się właściwościami detekcyjnymi pirometrów i w tym zakresie obronił w 1973 roku na Politechnice Gdańskiej pracę doktorską. Stopień naukowy doktora habilitowanego otrzymał w 1985 roku za pracę pod tytułem: „*Badanie procesów termicznych w przyrządach półprzewodnikowych*”. Ukoronowaniem wieloletniej działalności naukowej i dydaktycznej Pana Profesora było uzyskanie dnia 28 kwietnia 2000 roku nominacji profesorskiej z rąk Prezydenta RP Aleksandra Kwaśniewskiego.

W latach 1981–1989 Pan Profesor Nowakowski pełnił funkcję wicedyrektora Instytutu Technologii Elektronicznej. Następnie przez dwie kadencje, od grudnia 1990 roku do sierpnia 1996 był prorektorem ds. Ogólnych Politechniki Gdańskiej. Od września 1991 roku kierował najpierw Zakładem Elektroniki Medycznej i Ekologicznej, potem Katedrą Elektroniki Medycznej i Ekologicznej, a po jej przekształceniu w roku 2003, Katedrą Inżynierii Biomedycznej. Profesor Nowakowski jest również współtwórcą i współorganizatorem międzywydziałowych studiów z zakresu inżynierii biomedycznej na Politechnice Gdańskiej, na których studenci kształcą się w czterech specjalnościach: informatyka w medycynie, elektronika w medycynie, chemia w medycynie oraz fizyka w medycynie.

Od lat współpracuje ze znanymi laboratoriami badawczymi na świecie m.in. instytucjami w Barcelonie, Brukseli, Glasgow, Florencji, Kilonii, Londynie. Wielokrotnie też przebywał na stażach naukowo-badawczych w znanych europejskich ośrodkach naukowych, takich jak uniwersytety w Edynburgu, Florencji, Helsinkach, Grenoble, Heidelbergu etc. Jest członkiem rad programowych m.in. takich czasopism naukowych jak *Journal of QIRT*, *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, *TASK Quarterly* oraz *Acta Bio-Optica et Informatica Medica*.

Od kilkunastu lat zakres zainteresowań naukowych Pana Profesora Nowakowskiego skupia się wokół medycznych zastosowań termografii. Jest nie tylko światowym autorytetem w dziedzinie badań nieinwazyjnych w podczerwieni, ale także jednym z pionierów badań termologicznych

w diagnostyce medycznej w Polsce. Jego dorobek naukowy liczy ponad 420 pozycji naukowych, w tym 2 rozprawy, 5 monografii, 12 patentów oraz liczne artykuły w najlepszych światowych i krajowych czasopismach naukowych. Zespół Prof. Nowakowskiego może pochwalić się również ponad 30 wdrożeniami, które są efektem licznych projektów badawczo-rozwojowych oraz umów z przemysłem.

Unikalne w skali światowej badania w zakresie dynamicznej termografii aktywnej, w tym m.in. prowadzone pod auspicjami Pana Profesora prace poświęcone diagnostyce nowotworów skóry oraz oparzeń, jak również protekcji mięśnia sercowego w trakcie zabiegów kardiochirurgicznych doczekały się licznych nagród i wyróżnień. Zaliczyć do nich można m.in. nagrodę im. Andronicusa G. Kantsiosa (Orlando, USA, 2001), wyróżnienie podczas XXII Konferencji Thermosense (Orlando, 2001), nagrodę za najlepszą pracę na III Symposium of Medical Physics (Wisła, 2000) oraz prestiżową zespołową nagrodę Siemens w roku 2004 za pracę „*Tomografia termiczna i aktywna termografia dynamiczna jako nowe narzędzia diagnostyczne w medycynie*”.

Na szczególne podkreślenie zasługuje olbrzymi wkład Pana Profesora w popularyzację wiedzy o metodach diagnostyki termicznej w podczerwieni. Do ważniejszych monografii związanych z aplikacjami medycznymi termografii należy zaliczyć 3 prace zbiorowe, które ukazały się na przestrzeni lat 2001–2009, w tym „*Postępy termografii – aplikacje medyczne*”, „*Analiza technik diagnostycznych i terapeutycznych w celu minimalizacji ryzyka interwencji kardiochirurgicznych*”, „*Rozwój diagnostyki termicznej metodami detekcji podczerwieni (ilościowa diagnostyka ran oparzeniowych i inne aplikacje)*”, a których Pan Profesor był redaktorem.

Profesor Nowakowski jest także autorem lub współautorem wielu rozdziałów traktujących o termografii, w tym również anglojęzycznych. Do ostatnich osiągnięć w tym zakresie należy praca pod tytułem „*Quantitative Active Dynamic Thermal IR-Imaging and Thermal Tomography in Medical Diagnostics*” oraz napisany wspólnie z dr inż. Mariuszem Kaczmarkiem i dr inż. Jackiem Rumińskim rozdział „*The Role of Thermal Monitoring in Cardiosurgery Interventions*”, opublikowane w książce pod tytułem „*Medical Infrared Imaging. Principles and Practices*” M. Diakides, J. Bronzino, D. Peterson (eds.), wydanej przez CRC Press w Nowym Yorku w 2012 roku.

Profesor był też organizatorem wielu konferencji, zarówno o zasięgu krajowym, jak i międzynarodowym, a także jest członkiem komitetów naukowych lub programowych wielu konferencji krajowych i zagranicznych. Jest też członkiem wielu ciał i rad naukowych oraz towarzystw naukowych, w tym m.in. Komitetu Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej PAN.

Za swoje zasługi Pan Profesor Nowakowski był wielokrotnie nagradzany. Otrzymał m.in. Złotą Odznakę ZNP, Złoty Krzyż Zasługi, Krzyż Kawalerski Orderu Odrodzenia Polski, Medal Komisji Edukacji Narodowej, a w roku 2012 także Krzyż Komandorski Orderu Odrodzenia Polski.

Pani Prof. Halina Podbielska zapytana jak wspomina swoje kontakty zawodowe i współpracę z Prof. Antonim Nowakowskim powiedziała: „*profesjonalny jak profesjonalnie podchodzi do warsztatu badawczego, mądry jak mądrze potrafi opisać badane zjawiska, a poza tym człowiek sympatyczny i ciepły jak ciepło, które bada metodami termografii*” i te słowa najlepiej chyba opisują sylwetkę Pana Prof. dr hab. inż. Antoniego Nowakowskiego – wielkiego naukowca i wielkiego człowieka.

## LITERATURA

- [1] Strona Web Europejskiego Towarzystwa Termologicznego: <http://www.eurothermology.com/cms32/index.php>
- [2] Strona Web Instytutu Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej Polskiej Akademii Nauk: <http://www.ibib.waw.pl/?act=show&kat=38>
- [3] C.H. Jones: *Thermography of the female breast*, [w:] C.A. Parsons (ed.), *Diagnosis of breast disease*, Baltimore University Press, 1983, s. 214–234.
- [4] J. Gershon-Cohen, J.A. Haberman-Brueschke, E.E. Brueschke: *Medical thermography: a summary of current status*, Radiologic Clinics of North America, vol. 3(3), 1965, s. 403–431.
- [5] A. Nowakowski (red.): *Postępy termografii – aplikacje medyczne*, Wydawnictwo Gdańskie Sp. z o.o., Gdańsk, 2001.

- [6] A. Nowakowski (red.): *Rozwój diagnostyki termicznej metodami detekcji podczerwieni (ilościowa diagnostyka ran oparzeniowych i inne aplikacje)*, Akademicka Oficyna wydawnicza EXIT, Warszawa, 2009.
- [7] X. Maldague: *Nondestructive Evaluation of Materials by Infrared Thermography*, Springer Verlag, London, 1993.
- [8] C. Ibarra-Castaneda, X. Maldague: *Pulsed Phase Thermography Reviewed*, QIRT Journal, vol. 1(1), 2004, s. 47–70.
- [9] X. Maldague, S. Marinetti: *Pulse Phase Infrared Thermography*, Journal of Applied Physics, vol. 79(5), 1996, s. 2694–2698.
- [10] A. Nowakowski: *Quantitative Active Dynamic Thermal IR-Imaging and Thermal Tomography in Medical Diagnostics*, [w:] M. Diakides, J. Bronzino, D. Peterson (eds.), *Medical Infrared Imaging. Principles and Practices*, CRC Press, New York, 2012, s. 7.1–7.30.
- [11] A. Cholewka, G. Knefel, A. Stanek, M. Kawecki, M. Nowak, A. Sieroń, Z. Drzazga: *Thermal imaging and TC oximetry measurements of hyperbaric oxygen therapy (HBO) effect on trochanteric ulceration of the crura*, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2012, vol. 108(1), s. 25–31.
- [12] A. Cholewka, Z. Drzazga, A. Sieroń, A. Stanek: *Thermovision diagnostics in chosen spine disease treated by whole body cryotherapy*, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2010, vol. 102(1), s. 113–119.
- [13] A. Cholewka, S. Kwiatek, A. Sieroń, A. Stanek, Z. Drzazga: *Does the temperature gradient correlate with the photodynamic diagnosis parameter numerical colour value (NCV)?*, Photodiagnosis and Photodynamic therapy, vol. 10(1), 2013, s. 33–38.
- [14] A. Nowakowski, M. Kaczmarek, J. Rumiński: *The Role of Thermal Monitoring in Cardiosurgery Interventions*, [w:] M. Diakides, J. Bronzino, D. Peterson (eds.), *Medical Infrared Imaging. Principles and Practices*, CRC Press, New York, 2012, s. 17.1–17.24.
- [15] J. Bauer, E. Boerner, H. Podbielska: *Termowizyjna ocena kolejności stosowania zabiegów fizykalnych*, [w:] H. Podbielska, A. Skrzek (red.), *Biomedyczne zastosowania termowizji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, w druku.

otrzymano / submitted: 02.08.2013r.  
wersja poprawiona / revised version: 16.09.2013r.  
zaakceptowano / accepted: 30.09.2013r.