

I. IPPT PAN - Działalność i rozwój badań w obszarze sztucznej inteligencji

1. Opis najważniejszych osiągnięć naukowych w zakresie realizacji projektów B+R jak również komercjalizacji ich wyników w tematyce sztucznej inteligencji z ostatnich 5 lat przed rokiem lub w roku zgłoszenia wraz z wykazem najważniejszych publikacji, patentów zgłaszającego (do 1 strony A4).

Badania z zakresu sztucznej inteligencji są prowadzone w IPPT PAN od wielu lat, zwłaszcza w Zakładzie Informatyki i Nauk Obliczeniowych (Zespół Badawczy Inteligencji i Inżynierii Obliczeniowej oraz Zespół Badawczy Neuroinformatyki), w Zakładzie Technologii Inteligentnych, w Zakładzie Ultradźwięków oraz w Laboratorium Elektroniki Profesjonalnej. Znaczące wyniki potwierdzone prestiżowymi publikacjami osiągnięto w następujących obszarach:

I. Zastosowanie algorytmów AI do zagadnień optymalnego projektowania systemów technicznych oraz klasyfikacji i klasteryzacji danych medycznych i biologicznych.

W Zespole Badawczym Inteligencji i Inżynierii Obliczeniowej prowadzone są od lat prace nad rozwojem i zastosowaniem metod sztucznej inteligencji. Dotyczy to zwłaszcza **zastosowania algorytmów ewolucyjnych i genetycznych, sztucznych systemów immunologicznych, algorytmów rojowych oraz sztucznych sieci neuronowych** do zagadnień optymalnego projektowania materiału, kształtu i topologii systemów technicznych oraz rozwiązywaniem zagadnień odwrotnych. Podsumowaniem tych badań jest monografia: T.Burczyński et al., *Intelligent Computing in Optimal Design*. Springer Verlag 2020. Zastosowanie algorytmów memetycznych (ewolucyjnych + alg. lokalne) do projektowania nowych nanomateriałów 2D opartych na węglu (materiały grafenopodobne) oraz opartych na molibdenie są kontynuacją tych badań w obszarze inżynierii materiałowej. Tym zagadnieniom poświęcone są dwa projekty naukowe NCN. Prowadzono oryginalne badania nt. zastosowania sztucznych systemów immunologicznych do klasyfikacji i klasteryzacji danych oraz analizy wielowymiarowych danych biologicznych, w tym patogennych sygnałów EKG oraz analizy mikromacierzy DNA z pomiarem ekspresji genów. Istotną rolę w zagadnieniach związanych z AI odgrywają modele niepewności systemów. Obliczenia granularne oparte na zbiorach rozmytych w postaci tzw. skierowanych liczb rozmytych oraz skierowanych losowych liczb rozmytych rozwijane są do przewidywania finansowych szeregów czasowych oraz przewidywania cen energii elektrycznej. **Innym ważnym obszarem rozwijanym w IPPT PAN jest ocena systemów inteligentnych w kontekście spełnienia przez nie kryteriów sztucznej inteligencji oraz konsekwencje społeczne i etyczne rozwoju sztucznej inteligencji.**

II. Neuroinformatyka – Opis rezultatów związanych z badaniem sieci neuronowych inspirowanych architekturą mózgu, sztuczny mózg, komputery nowej generacji – Zastosowanie Teorii Informacji (TI) i Sztucznej Inteligencji (AI).

Od wielu lat w IPPT PAN rozwijane są przy współpracy międzynarodowej badania w obszarze Neuroinformatyki. Zainicjowały je prace prowadzone w ramach dwustronnych projektów polsko-hiszpańskich. Badania dotyczyły analizy procesu przetwarzania i przesyłania informacji w korze mózgowej metodami Teorii Informacji (złożoność, entropia, tempo transmisji sygnałów wizualnych). Wyniki prac opublikowano w kilkunastu czołowych czasopismach (m.in. wydawanych przez MIT), w dużej części o profilu AI. Kolejna faza badań w tej dziedzinie we współpracy międzynarodowej (USA, Hiszpania) wpisuje się m.in. w tematykę wielomilionowego *projekt unijnego prof. H. Markrama Blue Brain Project dotyczącego opracowania wirtualnego mózgu*. Komplementarne podejście pozwoliło na osiągnięcie wielu znaczących wyników dotyczących **wpływu na efektywność transmisji takich czynników jak architektura sieci, rola i charakterystyczne parametry neuronów (zaprojektowanie**

sztucznego mózgu i komputerów nowej generacji). Wyniki zostały opublikowane w renomowanych czasopismach o zasięgu światowym. Rozwijane są, stosując metody Teorii Informacji oraz AI, algorytmy projektowania efektywnych klasyfikatorów o praktycznym znaczeniu w diagnostyce sygnałów biomedycznych. Zaproponowana metoda analizy sygnałów EKG pozwoliła na klasyfikację pacjentów z zaburzeniami snu związanymi z oddychaniem na wczesnym etapie. W obszarze analizy sygnałów biomedycznych, rozwiązań telemetrycznych oraz wykorzystania wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości jako wsparcie dla lekarzy Instytut współpracuje z **Dr P. van Damen (firma PEACS BV, Netherlands)** oraz z **zespołem dr K. Proniewskiej** z UJ Collegium Medicum.

III. Opis rezultatów związanych z zastosowaniem sztucznej inteligencji w kontekście systemów wizyjnych i robotów mobilnych.

a) W ramach komercjalizacji B+R przez BRIDGE Alfa (NCBiR), zaprojektowano i zaimplementowano autorski system do analizy wideo dla niestacjonarnej kamery w celu detekcji i klasyfikacji pojazdów, automatycznego wyznaczenia parametrów ich ruchu oraz określenia natężeń i ich zmian w czasie dla wybranych klas pojazdów. **Zastosowano algorytmy stabilizacji obrazu i wykrycia tła oraz sieci neuronowe do detekcji i klasyfikacji obiektów do analizy on-line monitorowanego kamerą ruchu drogowego pod względem jego toksyczności.** **b)** Kompleksowo zrealizowano usługę B+R w ramach projektu "Opracowanie prototypu autonomicznej platformy poruszającej się w środowisku produkcyjnym", gdzie grupa autonomicznych platform sprzątających koordynuje działania w celu efektywnego czyszczenia powierzchni hal magazynowych. Wykorzystując dostępne czujniki (LIDAR i kamery RGBD) opracowano system mapowania, lokalizacji, optymalnego planowania ścieżek i podążania nimi przez roboty sprzątające. **c)** Opracowano nowe podejście do problemu niepewności pomiarowych w robotach mobilnych poprzez zastąpienie podejścia probabilistycznego przez zastosowanie logiki wielowartościowej i odpowiednie mechanizmy wnioskowania. **d)** Opracowano i implementowano algorytmy działające na CPU i GPGPU do optymalizacji przestrzennej konfiguracji systemów ekstremalnie modularnych. Dostosowano i wykorzystano wiele nieklasycznych algorytmów optymalizacyjnych do doboru topologii rozkładanego mostu nożycowego i planowania operacji manipulatora modularnego. **Opracowano nowe metody sterowania konstrukcjami, wykorzystujące sztuczne sieci neuronowe i uczenie ze wzmocnieniem.**

IV. Opis rezultatów związanych z diagnostyką i terapią biomedyczną. Zastosowanie AI do przetwarzania i rozpoznawania obrazów z wykorzystaniem danych ultradźwiękowych.

W IPPT PAN prace związane z zastosowaniami uczenia maszynowego w analizie danych medycznych, szczególnie ultrasonograficznych, prowadzone są przez Zakład Ultradźwięków (ZU) oraz Laboratorium Elektroniki Profesjonalnej (LEP). Realizowane prace dotyczą rozwoju głębokich sieci neuronowych w detekcji, segmentacji oraz klasyfikacji patologii tkanek ludzkich oraz metod poprawiających jakość obrazów ultrasonograficznych. Współpraca ZU z Warszawskim Uniwersytetem Medycznym oraz z Warszawskim Centrum Onkologii zaowocowała powstaniem unikalnych zbiorów danych ultrasonograficznych. **Zebrane dane, w tym surowe sygnały ultradźwiękowe, posłużyły m.in. do opracowania skutecznych modeli głębokiego uczenia w segmentacji oraz klasyfikacji nowotworów piersi, charakteryzacji stłuszczeniowej choroby wątroby oraz monitorowania skutków chemioterapii w przypadku nowotworów piersi.** We współpracy ZU i LEP rozwijane są również sieci neuronowe, mające na celu poprawę jakości obrazów ultrasonograficznych. Większość tematów, dotycząca sieci neuronowych i obrazowania ultradźwiękowego, prowadzona jest również w ścisłej współpracy z zagranicznymi ośrodkami badawczymi. Opracowane metody głębokiego uczenia zostały opublikowane w wiodących czasopismach z analizy obrazów medycznych.

Wybrane 4 publikacje (pełniejsza lista publikacji znajduje się pod linkiem http://www.ippt.pan.pl/wniosek/IPPT_PAN_Wniosek_ARTIQ/) :

1. Marszałek M., Burczyński T., Ordered fuzzy random variable: definition and the concept of normality, INFORMATION SCIENCES, pp.1-12, 2020.
2. Pręgowska A., Kaplan E., Szczepański J., How far can neural correlations reduce uncertainty? Comparison of information transmission rates for Markov and Bernoulli processes, INTERNATIONAL JOURNAL OF NEURAL SYSTEMS, Vol.29, No.8, 2019
3. Chikahiro Y., Ario I., Pawłowski P., Graczykowski C., Holnicki-Szulc J., Optimization of reinforcement layout of scissor-type bridge using differential evolution algorithm, COMPUTER-AIDED CIVIL AND INFRASTRUCTURE ENG. 34(6), pp.523-538, 2019.
4. Byra M., Jarosik P., Szubert A, Galperine, Ojeda-Fournier H , Olson L, Comstock Ch, Andre M., Breast mass segmentation in ultrasound with selective kernel U-Net convolutional neural network, BIOMED. SIG. PROC. CONT., V.61, pp.102027-1-10, 2020

2. Lista do 5 projektów badawczo-rozwojowych w ramach konkursów krajowych lub międzynarodowych z obszaru sztucznej inteligencji i realizowanych w ciągu ostatnich 5 lat przed rokiem lub w roku zgłoszenia przez zgłaszającego (tytuł, kierownik, źródło finansowania, wysokość dofinansowania).

[1] Inteligentne projektowanie 2D nanostruktur materialnych opartych na molibdenie Kierownik: prof. T. Burczyński, Projekt OPUS NCN, Projekt OPUS NCN 2016/21/B/ST8/02450, wartość 600 600 zł, 2017-2022.

[2] Usługa prac badawczo-rozwojowych nad opracowaniem architektury systemu wieloagentowego do sterowania grupą autonomicznych robotów sprzątających w ramach projektu "Opracowanie prototypu autonomicznej platformy poruszającej się w środowisku produkcyjnym", Kierownik: dr J. Szklarski, NCBiR. Całkowita wartość projektu: 3.8 mln PLN, wartość usługi IPPT: 344 736 PLN, 2020 – 2021.

[3] Zaawansowane metody modelowania i optymalizacji struktur mechanicznych metamateriałów do inteligentnego sterowania drganiami, Kierownik: dr hab. B. Dyniewicz, SONATA-BIS, NCN 2018-2023, wartość 1 072 700 PLN.

[4] Ilościowa analiza ultradźwięków rozproszonych w tkance. Zastosowanie do oceny odpowiedzi guza na chemioterapię u pacjentów z rakiem piersi. Kierownik: Prof. J. Litniewski, OPUS NCN 2020 - 2023, kwota: 673 200 PLN.

[5] Projekt FIRST TEAM pt.: „Odszyfrowywanie sygnalizacji biochemicznej w celu projektowania bardziej skutecznych strategii terapeutycznych”, First TEAM/2017-3/22, Kierownik: dr hab. M. Komorowski, źródło finansowania: Fundacja na Rzecz Nauki Polskiej (FNP), 2018-2021, wysokość dofinansowania: 2 000 000 PLN

Inne realizowane w IPPT PAN projekty związane z tematyka AI

I. Projekty związane z zastosowaniem algorytmów AI do zagadnień optymalnego projektowania systemów technicznych

1. Wieloskalowe modelowanie i inteligentne projektowanie materiałów i konstrukcji, Kierownik: prof. dra hab. T. Burczyński, 2014/15/B/ST8/04339, OPUS NCN 2014-2017.

II. Projekty Neuroinformatyczne i Bioinformatyczne z zastosowaniem Teorii Informacji i AI

[1] Zastosowanie metod komputerowych bazujących na teorii informacji do analizy efektywności transmisji sygnałów w sieciach neuronowych, kierownik: prof. dr hab. J. Szczepański, N N519 6465 40.

[2] Information-Theoretical and cryptographical aspects of neuronal discharges” 17/2004/2005, joint project with Institute of Neuroscience, CSIC - Universidad Miguel Hernandez, kierownik projektu: prof. dr hab. J. Szczepański

[3] Computational properties of cortical neurons: analysis of neural discharges complexity in the visual system” 4043/R01/R02, joint project with Institute of Neuroscience, CSIC - Universidad Miguel Hernandez, Spain, kierownik projektu: prof. dr hab. J. Szczepański

[4] Projekt European Molecular Biology Organisation (EMBO), Installation Grant dr Michała Komorowskiego, pt.: "Innate immune signaling: optimal experimental protocols for microfluidic devices", kierownik: dr M. Komorowski, źródło finansowania: European Molecular Biology Organisation (EMBO), wysokość dofinansowania: 600 000,00 PLN

[5] Projekt Lider XI pt.: "Holograficzny Asystent Medyczny", kierownik: dr. inż. Klaudia Proniewska z Uniwersytetu Jagiellońskiego Collegium Medicum, źródło finansowania: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR), główny wykonawca: dr A. Pręgoska, wysokość dofinansowania: 1 498 025,00 PLN

III. Projekty o tematyce sztucznej inteligencji, ze szczególnym naciskiem na systemy wizyjne i roboty mobilne

[1] Aerostaty adaptacyjne, rozpięte na strukturze wsporczej SDT (Self-Deployable Tensegrity), jako platformy do celów wielo-tematycznego monitoringu powierzchni Ziemi (Aero-SDT), Kierownik: J. Holnicki-Szulc, NCBiR, wartość: 1 441 250 PLN

[2] Modelowanie współpracy agentów z wykorzystaniem logiki wielowartościowej i równoległego przetwarzania informacji, kierownik: A. Borkowski, NCN, wartość: 626 200 PLN. Realizacja 2013-2016

[3] Arm-Z: ekstremalnie modułarny hiperredundantny ekonomiczny manipulator – opracowanie metod sterowania oraz analiza efektywności, Kierownik: dr hab. M. Zawidzki, NCN, 2020 – 2023, wartość: 752 456 PLN

[4] Usługa prac badawczo-rozwojowych dotycząca opracowania modułu ekspertowego do systemu diagnostyczno-monitorującego przeznaczonego do monitorowania przemysłowych wentylatorów napędzanych silnikami elektrycznymi. Kierownik: R. Konowrocki, PARP, wartość usługi dla IPPT: 269 691 PLN

[5] Zaawansowane metody masowego zrównoleglania obliczeń numerycznych w dynamice konstrukcji, Kierownik: Cz. Bajer, NCN, wartość: 604 200 PLN

[6] Półaktywne tłumienie drgań z wykorzystaniem struktur warstwowych z inteligentnym rdzeniem. Kierownik: B. Dyniewicz, NCN, wartość 693 930 PLN.

[7] Modelowanie i metody sterowania drganiami konstrukcji z wykorzystaniem materiałów inteligentnych. Kierownik: Cz. Bajer, NCN, wartość: 397 700 PLN.

[8] Oparte na modelu adaptacyjno-predykcyjne sterowanie semi-aktywnych tłumików cieczowych poddanych nieznanym obciążeniom udarowym, Kierownik: C. Graczykowski, NCN, wartość: 318 100 PLN

[9] Metody dynamicznej rekonfiguracji w zagadnieniach sterowania konstrukcjami: opracowanie nowych algorytmów sterowania i weryfikacja ich efektywności, Kierownik: Ł. Jankowski, NCN, wartość: 559 800 PLN

IV. Projekty związane z diagnostyką i terapią biomedyczną. Zastosowanie AI do przetwarzania i rozpoznawania obrazów z wykorzystaniem danych ultradźwiękowych

[1] Metody wyznaczania nowych, ultradźwiękowych parametrów tkanki nowotworowej. Ich interpretacja fizyczna i ocena przydatności w diagnostyce onkologicznej piersi. Kierownik: prof. dr. hab. J. Litniewski, OPUS NCN, kwota: 234 200 PLN.

[2] Ocena zmian nowotworowych na podstawie parametrycznej dyskryminacji własności statystycznych rozproszenia ultradźwięków w tkance piersi. Kierownik: prof. dr hab. inż. A. Nowicki, NCN OPUS, kwota: 807 672 PLN.

3. Dostępny sprzęt badawczy, aparatura/infrastruktura oraz własności niematerialne i Prawne WNIP pozostające w posiadaniu w kontekście realizacji projektu w tematyce sztucznej inteligencji (do 1 strony A4).

I. Infrastruktura informatyczna IPPT PAN umożliwiająca realizację kosztownych/złożonych zadań obliczeniowych

Infrastruktura informatyczna IPPT PAN przystosowana jest do obliczeń dużej mocy co jest bardzo istotne przy obliczeniach związanych z zastosowaniem metod sztucznej inteligencji. Sieć IPPT LAN zrealizowana jako sieć Gigabit Ethernet obejmuje klastrowy system obliczeniowy oraz około 300 komputerów klasy PC użytkowników LAN.

W IPPT PAN funkcjonuje wieloprocessorowy system klastrowy GRAPHEN w zakupiony w ramach dwóch zrealizowanych tu projektów POIG. System ten składa się z komponentów zapewniających usługi obliczeniowe i wirtualizacyjne. Część obliczeniowa pozwala na realizację dużych zadań obliczeniowych realizowanych w oparciu o równoległe przebiegające obliczenia i dostęp do baz danych. Umożliwia to znaczne przyspieszenie zadań obliczeniowych, wyszukiwania danych do analiz statystycznych i informatycznych czy przygotowywania wizualizacji dużych zbiorów. System obliczeniowy jest uzupełniony węzłem z kartami GPU (Nvidia Tesla) umożliwiającym realizację obliczeń na procesorach graficznych. Serwery wirtualizacyjne umożliwiają korzystanie z zainstalowanego oprogramowania użytkowego i są też używane do hostowania wielu serwisów WEB. Uruchomiony system klastrowy uzyskał sumaryczną moc obliczeniową mierzoną parametrycznie jako liczba operacji zmiennoprzecinkowych rzędu 12 TFLOPS.

W skład systemu klastrowego wchodzi też inne elementy niezbędne dla jego funkcjonowania takie jak:

-macierz dyskowa Hitachi HDS AMS 2500 wyposażona w dyski SAS/SATA o łącznej pojemności 68 TB,

-2 serwery dostępowe do zarządzania kolejkami klastra (master HPC), na których zainstalowana jest wirtualna maszyna obsługująca logowanie do klastra oraz oprogramowanie zarządzające uruchamianiem zadań (464 fizyczne rdzenie oraz 1222 GB pamięci RAM).

-2 serwery usługowe do integracji macierzy dyskowej HDS AMS 2500 ze środowiskiem obliczeniowym, obsługujące system plików LUSTRE, gdzie przechowywane są dane użytkowników.

System klastrowy, umieszczony w specjalnie do tego celu zbudowanej serwerowni, zaprojektowany został tak aby była możliwość jego rozbudowy. System klastrowy połączony jest z siecią LAN przez sieć Gigabit Ethernet z możliwością zwiększenia tej szybkości oraz posiada połączenie światłowodowe o szybkości 10 Gb/s z innymi instytutami Biocentrum Ochota.

II. Aparatura do realizacji projektów w tematyce sztucznej inteligencji – systemy wizyjne i roboty mobilne

IPPT PAN dysponuje szerokim spektrum narzędzi do realizacji projektów w tematyce sztucznej inteligencji, ze szczególnym naciskiem na systemy wizyjne i roboty mobilne. Dostępne są jednostki obliczeniowe: minikomputery do zastosowań mobilnych (Raspberry Pi, Up Board, Jetson Nano, Jetson Xavier); silne stacje robocze wyposażone w najnowsze karty GPU; klastr obliczeniowy Grafen (CPU + GPU) do rozwiązywania dużych problemów optymalizacyjnych.

Ponadto Instytut dysponuje wieloma czujnikami: szeroką gamą mini kamer (MIPI CSI, USB) wraz z różnorodnymi obiektami; czujnikami IMU, GPS, LIDARami, dedykowanymi kamerami do śledzenia (typu Intel T265), kamerami z mapą głębi RGBD (np. Intel D435), akumulatorami oraz szerokim zapleczem warsztatowym, elektronicznym i drukarkami 3D w tym jedną wielkogabarytową. Dodatkowo, IPPT dysponuje uniwersalną platformą – robotem mobilnym Romeg2 – która może przemieszczać się (na kołach) wewnątrz jak i na zewnątrz budynków. Tak wyposażony warsztat może posłużyć do tworzenia najnowszych prototypów urządzeń z zakresu wizji maszynowej czy robotyki mobilnej.

Instytut dysponuje również szeregiem stanowisk badawczych do testowania rzeczywistej skuteczności algorytmów w kontekście monitorowania i sterowania konstrukcjami mechanicznymi, wyposażonymi w LabView CompactRIO z procesorem FPGA do akwizycji danych, przetwarzania i sterowania w czasie rzeczywistym, systemami akwizycji danych LMS, systemem siłowników MTS.

III. Aparatura do przetwarzania i rozpoznawania obrazów z wykorzystaniem danych ultradźwiękowych. Symulacja i trenowanie sieci neuronowych

IPPT PAN ma dostęp do unikalnej aparatury badawczej — m.in.:

- Medyczne aparaty USG (Siemens Antares, Zonare, Ultrasonix Sonix-Touch).
- Badawcze platformy ultradźwiękowe:
 - USPlatform — własne opracowanie, system do akwizycji surowych danych ultradźwiękowych ze zintegrowanym GPU;
 - us4R-lite, us4R — nowoczesne systemy akwizycji i przetwarzania surowych danych ultradźwiękowych firmy us4us, które pozwalają na implementację dowolnych modalności USG;
- System ultradźwiękowy Verasonics Vantage z głowicami do 2D i 3D.
- NVIDIA DevBox — dedykowany klastr GPU do symulacji i trenowania sieci neuronowych.
- Klastr GRAFEN — dedykowana infrastruktura HPC do realizacji symulacji i obliczeń.
- Stacja robocza wyposażona w kartę graficzną NVIDIA Titan RTX umożliwiającą trenowanie głębokich sieci neuronowych. Ponadto szereg komputerów stacjonarnych z innymi kartami, typu NVIDIA RTX 2080 Ti.

4. Ogólne informacje o działalności IPPT PAN.

W IPPT PAN prowadzone są badania w wielu obszarach, ponieważ Instytut jest w istocie zarówno **Instytutem multidyscyplinarnym** jak i **interdyscyplinarnym**. **Powoduje to, że rozwijając w IPPT PAN metody AI umożliwia się ich kompleksowe zastosowanie w wielu obszarach. Prowadzone w ten sposób badania naukowe cechują się silnym efektem synergii.** Instytut posiada kadre i ma uprawnienia do nadawania stopni naukowych w następujących **5 dyscyplinach**: Inżynieria Materiałowa, Inżynieria Mechaniczna, Informatyka Techniczna i Telekomunikacja, Inżynieria Biomedyczna, Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika.

Dotychczasowe rezultaty IPPT PAN (potwierdzone m. in. przyznaniem najwyższej w Polsce kategorii **A+**), dynamika działania Instytutu są gwarantem sukcesów w rozwijaniu tematyki związanej z zastosowaniem sztucznej inteligencji w wielu obszarach zarówno od strony teoretycznej jak i aplikacyjnej.

IPPT PAN prowadzi intensywną współpracę międzynarodową z wieloma wiodącymi instytucjami na świecie.

Obok doświadczonych badaczy IPPT PAN posiada także **dynamicznie działającą młodszą kadre**. Na szczególną uwagę, w tym kontekście zasługuje, realizacja w IPPT PAN aż **trzech prestiżowych grantów przyznawanych przez FNP**, mianowicie FIRST TEAM. Jest to sytuacja unikalna w Polsce.

Warto podkreślić, że w Instytucie pracuje obecnie aż **8 laureatów nagrody Ministra Nauki dla wybitnych Młodych Naukowców**.

IPPT PAN jest koordynatorem Szkoły Doktorskiej Technologii Informatycznych i Biomedycznych Instytutów PAN (TIB PAN) [Doctoral School of Information and Biomedical Technologies Polish Academy of Sciences], do której należą Instytut Badań Systemowych PAN, Instytut Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. M. Nałęczka PAN, Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN, Instytut Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej im. M. Mossakowskiego PAN, Instytut Podstaw Informatyki PAN i Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN oraz Naukowa i Akademicka Sieć Komputerowa – Państwowy Instytut Badawczy (NASK-PIB). SD TIB PAN prowadzi studia doktoranckie w trzech dyscyplinach: Informatyka Techniczna i Telekomunikacja, Inżynieria Biomedyczna oraz Nauki Medyczne. **Jednym z podstawowych obszarów działalności TIB PAN jest AI widziana także w kontekście inspiracji biologicznej i zastosowań medycznych.**

Instytut prowadzi również **Szkołę Doktorską IPPT PAN** będącą kontynuatką tradycji Studium Doktoranckiego IPPT PAN założonego w 1968 r. W latach 1968 – 2018 **Instytut wypromował około 750 doktorów oraz około 245 doktorów habilitowanych**. Szkoła posiada uprawnienia do nadawania stopni w 5 dyscyplinach: Inżynieria Materiałowa, Inżynieria Mechaniczna, Informatyka Techniczna i Telekomunikacja, Inżynieria Biomedyczna, Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika.

W IPPT PAN prowadzone są zaawansowane prace badawcze poświęcone zastosowaniu metod AI, głównie algorytmów ewolucyjnych i memetycznych do projektowania nowych 2D nanomateriałów opartych na węglu i molibdenie [1, 2] Za pomocą tych metod wygenerowano w Zespole Badawczym Inteligencji i Inżynierii Obliczeniowej nowe postacie grafenu X i Y [1, 3] oraz nowy materiał grafenopodobny AC o własnościach półprzewodnika [4], natomiast w Zespole Badawczym Nanomateriałów do Zastosowań w Elektronice i Biomedycynie wytwarzane są płatki grafenowe i nanorurki węglowe oraz podjęto badania dotyczące nowych zastosowań nanomateriałów w inżynierii materiałowej, elektronice i medycynie.

1. Mrozek A., Kuś W., **Burczyński T.**, *Nano level optimization of graphene allotropes by means of a hybrid parallel evolutionary algorithm*, COMPUTATIONAL MATERIALS SCIENCE, Vol.106, pp.161-169, 2015.
2. Kuś W., Mrozek A., **Burczyński T.**, *Memetic optimization of graphene-like materials on Intel PHI Coprocessor*, LECTURE NOTES IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE, Vol.9692, pp.401-410, 2016.
3. Maździarz M., Mrozek A.♦, Kuś W.♦, **Burczyński T.**, *First-principles study of new X-graphene and Y-graphene polymorphs generated by the two stage strategy*, MATERIALS CHEMISTRY AND PHYSICS, Vol.202, pp.7-14, 2017.
4. Maździarz M., Mrozek A.♦, Kuś W.♦, **Burczyński T.**, *Anisotropic-Cyclicgraphene: A New Two-Dimensional Semiconducting Carbon Allotrope*, MATERIALS, Vol.11, No.3, pp.432, 2018.

5. Inne informacje o umiędzynarodowieniu podmiotu, zagranicznych naukowcach zatrudnionych w tej instytucji, dostępności seminariów w języku angielskim.

IPPT PAN prowadzi bardzo ożywioną i zaawansowaną współpracę z instytucjami zagranicznymi w wielu dziedzinach będących w obszarze zainteresowań wielu renomowanych instytucji światowych, w szczególności w obszarze sztucznej inteligencji. Obszary współpracy to Inżynieria Materiałowa, Informatyka Techniczna, Inżynieria Mechaniczna, Inżynieria Biomedyczna. Dobitym potwierdzeniem tego jest fakt, że w roku 2020 autorzy z IPPT PAN opublikowali wspólne artykuły ze współautorami zagranicznymi w prestiżowych czasopismach z **światowej listy JCR** (z listy MNiSW punktowane powyżej 70 pkt.) z 40 krajów, w tym z: **USA (22 publikacje, 43 autorów), Włoch (17 publikacji, 29 autorów), Chin (15 publikacji, 27 autorów), UK (12 publikacji, 14 autorów), Francji (10 publikacji, 20 autorów), Niemiec (7 publikacji, 10 autorów), Japonii (4 publikacje, 8 autorów)** i szereg innych krajów z prawie wszystkich kontynentów.

Wśród instytucji współpracujących z IPPT PAN (potwierdzone wspólnymi publikacjami) są tak znakomite instytucje jak: **Princeton University USA, University of California San Diego USA**, Icahn Mount Sinai School of Medicine New York USA, CNRS Francja, University of Cambridge UK, Uniwersytet w Padwie Włochy, University of Illinois USA, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology Szwajcaria, University of Oxford UK, **Technion–Israel Institute of Technology Izrael**, University Mainz Niemcy, **Harvard University USA**, Imperial College London UK, South China Normal University Chiny, Guangzhou Design Institute Chiny, University of Maryland USA, **Yale University USA**, Hiroshima University Japonia, Western Washington University USA i szereg innych uznanych instytucji.

W Instytucji **realizowany jest projekt** (2 mln. zł) finansowany przez Fundację NAWA zatytułowany „**International collaboration on complex systems and modern technologies**” **ITHACA (2018-2021)**. W ramach projektu IPPT PAN współpracuje z 13 partnerami zagranicznymi w tym z 7 z Unii Europejskiej oraz z krajów spoza EU z 3 kontynentów, włączając USA i Nową Zelandię. Prowadzona jest intensywna wymiana naukowa, wspólne seminaria i konferencje/warsztaty, ukazują się wspólne publikacje.

Bardzo ważną rolę w rozwoju myśli naukowej odgrywają seminaria (prowadzone w języku angielskim), w szczególności prowadzone od kilkadziesiąt lat w języku angielskim multi-dyscyplinarne seminarium poniedziałkowe. **Wśród prelegentów byli w ostatnim roku tak znakomici uczeni** (w nawiasach indeks Hirscha i liczba cytowań wg. Google Scholar) jak: **Prof. Davide Bigoni** (H=40, 5553) University of Trento, Italy, laureat konkursu ERC; **Prof. James A. Glazier** (H=59, 12260) Biocomplexity Institute and Department of Intelligent Systems Engineering, Indiana University, Bloomington, USA; **Prof. Mark Chaplain** (H=65, 15684); University of St Andrews, United Kingdom; **Prof. Philip Maini** (H=84, 254480) Mathematical Institute of University of Oxford, United Kingdom; **Prof. Mark Alber** (H=45, 5643) Department of Mathematics, Center for Quantitative Modeling in Biology, University of California Riverside, USA; **Prof. Mostafa Adimy** (H=26, 2051) French Institute for Research in Computer Science and Automation (INRIA) and University Lyon 1, Lyon, France; **Prof. Stuart A. Newman** (H=57, 9569) New York Medical College, USA; **Prof. Vitaly Volpert** (H=41, 7478) University Lyon 1, Lyon, France.

Dzięki otwartym konkursom IPPT PAN powiększa się umiędzynarodowienie Instytutu. Obecnie w Instytucji zatrudnionych jest 11 naukowców z zagranicy na ogólną liczbę 163 pracowników prowadzących i biorących udział w badaniach naukowych.

W szkołach doktorskich prowadzonych przez IPPT PAN studiuje odpowiednio:

- w Szkole Doktorskiej IPPT PAN 9 cudzoziemców na ogólną liczbę 18 doktorantów (**50%**),

- w Szkole Doktorskiej TIB PAN 11 cudzoziemców na ogólną liczbę 25 doktorantów (**44%**).

Warta podkreślenia jest współpraca z wybitnym specjalistą z obszaru AI prof. Witoldem Pedryczem, Department of Electrical and Computer Engineering, University of Alberta, Edmonton T6G 2R3, Canada, który jest redaktorem naczelnym czasopisma *Information Sciences*, Elsevier, jednego z najlepszych czasopism informatycznych na świecie (200 pkt na liście ministerialnej) oraz czasopisma *Journal of Smart Environments and Green Computing*, <https://segcjournal.com/>, którego Zastępcą Redaktora jest prof. T.Burczyński [<https://segcjournal.com/editorsChief/index>].

6. Inne istotne informacje potwierdzające doświadczenie oraz zasoby instytucji.

Instytut powstał w 1953 roku, a historia i tradycja Instytutu są podstawą współczesnych osiągnięć Instytutu. Celowe projekty badawcze, wysoka skuteczność i otwartość na nowe pomysły są zawsze wysoko cenione. Współpraca z przemysłem, wspólne programy z czołowymi ośrodkami naukowymi w kraju i za granicą oraz udział w programach studiów wyższych to główne kierunki obecnej działalności, w której badania podstawowe są wspierane i łączone z aplikacjami.

W ostatnich latach, w znaczący sposób unowocześniono aparaturę w Instytucie. Badania eksperymentalne [związane z inżynierią materiałową (nowe materiały o unikalnych właściwościach, nanomateriały), ale także badania związane z inżynierią biomedyczną i pojedynczymi komórkami biologicznymi (problematyka nowotworowa i analiza układów odpornościowych)] prowadzone są w zmodernizowanych laboratoriach w oparciu o aparaturę **na poziomie światowym.**

W ostatnich kilku postępowaniach oceniających (ewaluacja), prowadzonych co 4 lata, dorobek naukowy i osiągnięcia instytutów i uczelni w Polsce, **Ministerstwo Nauki przyznało IPPT PAN najwyższą możliwą kategorię, czyli kategorię A +. W ostatnim czasie do tej wysokiej kategorii trafiło tylko około 50 spośród około 1000 instytutów i uczelni.** Instytut jest obecnie największym instytutem PAN w obszarze nauk inżynieryjno-technicznych oraz jedną z największych instytucji naukowych, prowadzącą badania naukowe w strukturze PAN.

Ważnym atutem Instytutu jest wysoko wykwalifikowana kadra naukowa. W IPPT PAN badaniami naukowymi zajmuje się 163 pracowników, a wśród nich:

- **26 profesorów tytularnych,**
- **35 doktorów habilitowanych,**
- **89 doktorów.**

W Instytucie zatrudnionych jest obecnie 5 członków PAN (3 członków rzeczywistych i 2 członków korespondentów) oraz 1 członek zagraniczny PAN.

Nad oceną i realizacją badań w Instytucie oraz wyznaczaniem nowych kierunków czuwa Rada Naukowa IPPT PAN. Warto podkreślić, że **w składzie Rady Naukowej IPPT PAN znajduje się 8 członków rzeczywistych PAN i 5 członków korespondentów PAN.**

W kontekście kontynuowania (doświadczenia) i rozwijania badań związanych ze Sztuczną Inteligencją warto podkreślić, osiągnięcia Prof. T. Burczyńskiego, który pełnił rolę Guest Editora w wydaniach specjalnych poświęconych AI (Elsevier):

1. Burczyński, T., Cholewa W., Moczulski, W. (Guest editors), *Journal of Engineering Applications of Artificial Intelligence. Special Issue on Selected Problems of Knowledge Representation*. Vol.17, No. 4, 2004, Elsevier.
2. Burczyński T., Cholewa W., Moczulski W., (Guest editors), *Engineering Applications of Artificial Intelligence: Special Issue on Soft Computing Applications*, Vol. 20, No. 5, 2007, Elsevier
3. Burczyński, T., (Guest editor), *Information Science Journal. Special Issue on Artificial Immune Systems*, Vol. 179, Issue 10, 2009 Elsevier.

Pełniejsza lista informacji na temat badań IPPT PAN (publikacje, projekty) w obszarze Sztucznej Inteligencji znajduje się pod adresem internetowym: http://www.ippt.pan.pl/wniosek/IPPT_PAN_Wniosek_ARTIQ/

Pełna informacja o IPPT PAN znajduje się na stronie Instytutu: <https://www.ippt.pan.pl/>