

Nr 5 luty/marzec 2016

BioInfoWorld

Bionika



Koło Naukowe Bioinformatyki

W tym numerze:

Kosmiczna malina

Boidy, czyli algorytm stada

PCA, czyli analiza głównych składowych

Natura nauczycielem inżynierów



Spis treści

- 1 Spis treści
- 2 Tytułem wstępu: Kosmiczna malina || dr Janusz Pyka
- 4 Doniesienia z frontu: Natura nauką inżynierów || Jakub Najgebauer
- 7 Bioalgorytmy i struktury danych: Boidy, czyli algorytm stada || Paweł Kaleciński
- 11 Doniesienia z frontu: Bio... i co? || Anna Szylak
- 15 Artykuł gościa: PCA, czyli analiza głównych składowych || Agnieszka Pocha
- 19 Sprawozdanie z działań Koła || Paulina Kania

BioInfoWorld

Nr 5 luty/marzec

Czasopismo Koła Naukowego Bioinformatyki BIT

ISSN 2449-5913

Wydanie online

Opiekun naukowy: dr Jacek Śmietański

Redakcja: Paulina Kania, Rafał Szkotak, Anna Szylak

Okładka: Kamil Malisz

Korekta: Paulina Kania, Anna Szylak

Skład: Weronika Panecka

Wydawca: Koło Naukowe Bioinformatyki BIT UJ

Kontakt: bioinfoworld.redakcja@gmail.com

Sfinansowane przez:



RADA KÓŁ NAUKOWYCH
UNIwersytetu Jagiellońskiego

Kosmiczna malina

Dr Janusz Pyka

Zakład Biofizyki Molekularnej

Wydział BBiB UJ

W grudniu 2015 r. czytelnicy wersji papierowej „The MagPi” [1] otrzymali w prezencie pod choinkę wraz z ich ulubionym magazynem komputer: Raspberry Pi Zero. Pierwszy raz w historii zdarza się, że komputer staje się bezpłatnym dodatkiem do gazety. Już nie tylko dzieci, ale również dorośli mają możliwość zakupu czasopisma z dołączoną „atrakcyjną zabawką”. Jednak Pi Zero to nie tylko zabawka dla dużych dzieci, ale całkiem sprawna maszynka obliczeniowa. Na niewielkiej płycie drukowanej (65 x 30 x 5 mm) znajdują się: procesor Broadcom BCM2835 1 GHz, 512 MB pamięci RAM, grafika Broadcom VideoCore IV @ 250 MHz. Do pracy na tym komputerze potrzebny jest jeszcze zasilacz (lub mobilna bateria) 5V (min. 2A) z wyjściem micro USB, Hub USB z zasilaczem, karta micro SD 8 GB, monitor HDMI, klawiatura i mysz. Dla osób korzystających z aplikacji sieciowych konieczny jest moduł WiFi USB. Całość pracuje pod kontrolą systemu operacyjnego Raspbian (Linux Debian Jessie). Sam komputer Raspberry (w Polsce określany często jako Malina) dostępny jest w cenie 5\$ [2].

Pi Zero to „młodszy brat” minikomputera Raspberry Pi 2, który pojawił się w sprzedaży w lutym ubiegłego roku (obecnie koszt Pi 2 w Polsce to ok. 180 zł). Celem twórców Maliny (zdrobniale Malinki) z Raspberry Pi Foundation było stworzenie urządzenia, które zachęciłoby młodzież szkolną do samodzielnej nauki podstaw informatyki w wygodny (bez konieczności niepokojącej dla

rodziców ingerencji w domowy sprzęt komputerowy) i atrakcyjny sposób [3]. Komputer (Pi 2), dostępny w cenie podręcznika akademickiego, jest moim zdaniem doskonałą i wygodną pomocą dydaktyczną dla wprowadzenia użytkowników systemów Windows w świat Linuxa oraz dla osób rozpoczynających naukę programowania w języku Python. Dodatkowym atutem jest obecność złącza GPIO (ang. General Purpose Input/Output) i biblioteki Rpi.GPIO dla Pythona. Złącze GPIO pozwala użytkownikowi komputera na bezpośrednie odbieranie informacji od urządzeń zewnętrznych i sterowanie nimi. GPIO można wykorzystać do pobierania informacji o otaczającym nas świecie fizycznym za pomocą czujników. Uzupełnienie zestawu komputerowego Malinki o przetwornik analogowo-cyfrowy (ADC) z odpowiednio dobranym układem wzmacniającym (zakupionym [4] lub też samodzielnie skonstruowanym) pozwala na rejestrację sygnałów biomedycznych (EKG, EEG, EMG) w warunkach domowych. Taki system stanowi pewnego rodzaju bramę łączącą świat fizyczny (nasze ciało) z komputerem i jego oprogramowaniem (np. biblioteką NumPy dla języka Python, dzięki której możliwa jest m.in. analiza FFT sygnałów biomedycznych czy budowa interfejsów człowiek → komputer).

Dystrybucja Linuxa dla Raspberry Pi zawiera szereg gotowych rozwiązań dla osób rozpoczynających swoją przygodę z robotyką i programowaniem (Scratch, Processing, Python, Sonic

Pi), istnieje również możliwość pracy z takimi językami jak C, Julia czy Haskell. Wraz z systemem operacyjnym dostajemy również dostęp do pełnego oprogramowania do obliczeń numerycznych i symbolicznych Mathematica (cena tego komercyjnego pakietu wielokrotnie przekracza cenę pojedynczej Maliny). Mathematica uruchomiona w środowisku Raspbiana nie jest może demonem szybkości, ale dla celów edukacyjnych jest doskonałym narzędziem dydaktycznym pozwalające nauczyć studentów podstaw jak i przygotować gotowe aplikacje do ćwiczeń gdzie wykorzystywane są obliczenia numeryczne. Niestety mała popularność pakietu Mathematica w Polsce na rzecz oprogramowania MATLAB skutkuje brakiem polskojęzycznych publikacji, co jest pewną barierą dla początkujących. Dla osób chcących pracować z pakietem MATLAB dostępny jest zestaw wraz z dodatkiem Simulink (cena zestawu zawierającego również komputer wraz z kartą micro SD to ok. 900 PLN). Wymienione powyżej pakiety obliczeniowe pozwalają również na „komunikację” ze światem fizycznym, często jako pośrednik w tej „komunikacji” wykorzystywany jest moduł Arduino [5].

Mobilność komputera oraz obecność złącza GPIO w prosty sposób dostępnego z poziomu Pythona otwiera i udostępnia szerokie pole zastosowań w badaniach nad sztuczną inteligencją. Malinka daje możliwość testowania modeli w świecie fizycznym. Komputer ten pozwala na tworzenie całych populacji obiektów, które można wykorzystać w badaniach nad strategiami zespołowymi w naturalnym środowisku przy stosunkowo niewielkich kosztach. Komputery z serii Raspberry Pi można wykorzystać do budowy prototypów inteligentnych robotów (np. pojazdów robotycznych) dla badań w dziedzinie eksploracji kosmosu. Od 2014 roku istnieje możliwość współpracy polskich naukowców z ESA (European Space Agency) poprzez POLSA (Polish Space Agency). Eksploracja przestrzeni kosmicznej, jej specyfika polegająca na niskiej przewidywalności wymaga odpowied-

niego „inteligentnego” oprogramowania. 6 grudnia 2015r. Raspberry Pi 2 wyposażone w Sense Hat (pod nazwą Astro Pi) zostało dostarczone na Międzynarodową Stację Kosmiczną (ISS) za pomocą statku zaopatrzeniowego Cygnus [6]. Uczniowie i studenci (niestety tylko obywatele Wielkiej Brytanii) mają możliwość testowania swoich pomysłów programistycznych na urządzeniu badawczym w warunkach nieważkości na pokładzie ISS. Ponieważ Sense Hat jest dostępny (wraz z bibliotekami dla Pythona) istnieje możliwość samodzielnego złożenia funkcjonalnej kopii kosmicznej Maliny (Astro Pi) wraz z wydrukowaną w technice 3D obudową. Taki gotowy zestaw można z powodzeniem wykorzystać na zajęciach wprowadzających do programowania w robotyce i sztucznej inteligencji.

[1] Pod adresem: <https://www.raspberrypi.org/magpi/> dostępna jest darmowa wersja tego magazynu.

[2] Popyt na Pi Zero wielokrotnie przekroczył podaż. Nie jest znany obecnie termin, w którym Pi Zero będzie dostępny u dystrybutorów (w Polsce nie jest również znana planowana cena tego urządzenia).

[3] Dla osób zainteresowanych historią Raspberry Pi polecam książkę *Raspberry Pi. Przewodnik użytkownika*, której jednym z autorów jest współtwórca fundacji Eben Upton (książka wydana przez Wydawnictwo Helion w 2013 roku)

[4] Istnieje wiele dodatkowych urządzeń współpracujących z bezpośrednio z Raspberry Pi lub za pośrednictwem modułu Arduino. Ciekawe rozwiązania dla domowej rejestracji i analizy biosygnatów przedstawione są na stronie Backyard Brains (<https://backyardbrains.com/>). Bardzo dobrze zagadnienia współpracy Arduino z Raspberry Pi zostały przedstawione na stronie: <http://www.openlabtools.org/>.

[5] <https://www.arduino.cc/>

[6] <https://astro-pi.org/>

Natura nauką inżynierów

Jakub Najgebauer

Student informatyki

specjalizacja bioinformatyka, III rok

Wielkie odkrycia biorą się z małych rzeczy, jak wtedy gdy symboliczne „jabłko” spadło na głowę Izaaka Newtona, co uświadomiło go, że obiekty na Ziemi jak ciała niebieskie łączy ta sama siła – grawitacja. Szwajcarski inżynier George de Mestral podczas spaceru po Alpach ze swoim psem zaobserwował jak owoc łopianu pokryty haczykami przyczepia się do jego ubrań oraz futra czworonoga, co skutkowało odkryciem rzepów wykorzystywanych branży odzieżowej nie tylko. Podobnych przykładów można by wymienić bardzo wiele. Warto się zastanowić czy powyższe „przypadkowe” zdarzenia nie są wskazówką od natury jak sprawić, aby życie człowieka stało się łatwiejsze.

W dzisiejszych czasach obserwacja przyrody stanowi cel badań nie tylko biologów, także matematyków czy informatyków. Staramy się wykorzystać do własnych celów rozwiązania jakie natura kreowała przez miliony lat, dopracowując je do perfekcji.

Pierwszym przykładem jest tzw. „efekt lotosu” jest to zjawisko samooczyszczania się powierzchni, odkryte po raz pierwszy roślin rodzaju lotos *Nelumbo*. Środowiskiem tych roślin są muliste rzeki jeziora, pomimo tak niesprzyjających warunków zachowują nieskazitelną czystość. celu zrozumienia tego fenomenu należy zagłębić się strukturę liścia. Pokryty jest on kryształkami wosku średnicy około 1 nanometra. Kryształ-

ki te skutecznie odpychają wodę, usuwając po drodze drobne zanieczyszczenia [1]. Zjawisko to jest wykorzystywane m.in. przy produkcji dachówek, farb fasadowych, szyb okiennych czy folii budowlanych. Szacuje się, iż obrębienie dwóch lat powinna na rynek zostać wypuszczona odzież wykorzystująca ten efekt, wyniku czego powstaną niebrudzące się ubrania.

Kolejną inspiracją są zwierzęta rodziny gekonowatych, mianowicie gatunek nadrzecznych. Cechą charakterystyczną tego gatunku jest niezwykła zdolność przylegania do powierzchni wspinania się nawet po gładkich pionowych podłożach. Są stanie zwisać sufitu podtrzymując się tylko jedną łapą, nie zostawiając przy tym żadnego śladu. Sekretem owego zjawiska są specjalne twory – przyłgi (łac. *lamellae*), pokryte mikroskopijnymi wyrostkami skórnymi (łac. *setae*) średnicy 5 mikrometrów (średnica włosa człowieka to zakres od 18 do 180 mikrometrów). każdy włos zakończony jest tzw. łopatkami (łac. *spatulae*), długości 0,2 mikrometra, które znajdują się na spodniej części spłaszczonych palców. Na każdy milimetr kwadratowy łapy gekona przypada około 14 000 włosków przypominających elastyczną szczecinę. Przyleganie jest możliwe głównie na skutek oddziaływań van der Waalsa. Bardzo ważne są tutaj też fosfolipidy – substancje tłuszczowe naturalnie produkowane przez organizm, które odpowiadają za nasmarowanie włosków odłączenie się



Obraz 1: Efekt lotosu (źródło: <https://futureprospects.wordpress.com/2010/05/17/the-lotus-effect/>)

od powierzchni. Ponadto kończyny tych zwierząt są hydrofobowe tak jak liście lotosu utrzymane są stałej czystości, co jest niezbędne do prawidłowego funkcjonowania układu [2]. Trwają obecnie prace nad stworzeniem materiału podobnym stopniu przyczepności, który znalazłby zastosowanie w gospodarstwach domowych np. przyklejanie szafek, obrazów, ale także jako uniwersalny klej do urządzeń szpitalnych.

Przykładów nie brakuje również w architekturze. Znakomitą sugestią dla wielu inżynierów są kopce termitów. Najlepsi budowniczowie świata zwierząt, uskrzydłone owady zamieszkujące kraje tropikalne, potrafią wznosić budowle dochodzące do wysokości 12 m. Mimo iż zewnątrz termitiery nie wyglądają zbyt okazale, to wewnątrz ich architektura jest naprawdę zdumiewająca. Posiadają one sieć tuneli, korytarzy, pomieszczeń oraz komór. Każda budowla wyposażona jest w mocno zaawansowany system wentylacji, który utrzymuje stałą temperaturę pomimo gwałtownych zmian

na zewnątrz. Powietrze, które wpada do kopca zostaje podgrzewane przez procesy metaboliczne termitów. Następnie ciepłe powietrze unosi się przez system kanalików tuż pod zewnętrzną powierzchnię kopca, gdzie zostaje schłodzone, oddaje CO_2 i wzbogaca się tlen. Tak odświeżone powietrze trafia powrotem do budowli, tam ponownie zostaje ogrzane i cykl się zamyka. Przykładem inspiracji termitami jest Eastgate Centre w Harare, Zimbabwe, który znakomitym stopniem naśladuje naturę. Budynek zaprojektowany przez Micka Pearce'a nie ma konwencjonalnej klimatyzacji ogrzewania, ale pozostaje regulowany przez cały rok wykorzystując mechanizmy zaczerpnięte od wspomnianych owadów [3].

Ludzkość zauważyła ogromny potencjał zjawisk takich jak np. samochody kształcie przypominającym ryby czy prototypy egzoskieletów, które są wykorzystywane w wojsku lub przez ludzi niepełnosprawnych. Odpowiedzią na to było wykreowanie nowej dziedziny nauki jaką jest



bionika. Jest to nauka zajmująca się badaniem, kopiowaniem i imitowaniem metod rozwiązań procesów zachodzących naturze oraz tworzeniem ich odpowiedników technice, socjologii i innych dziedzinach zajmujących się poprawieniem jakości życia [4].

Mimo iż jako ludzie jesteśmy gatunkiem bardzo wysoko rozwiniętym, to tak nie jedynym, który zasługuje na szczególną uwagę. Artykuł ten nie wyczerpuje tematu, pokazuje jedynie ułamek możliwości natury jej wykorzystania przez człowieka. Nie powinniśmy się jej przeciwstawiać, lecz czerpać z niej jak najwięcej, to ona nas wykreowała.

Obraz 2: schemat systemu wentylacji termitiery (źródło: <https://rist2230.wordpress.com/2014/09/26/commerzbank-and-energy-flows>)

Bibliografia:

- [1] http://ice.chem.wisc.edu/Oil/On_The_Surface,_Its_All_About_Nano/Lotus_Effect.html (dostęp 20.02.2016)
- [2] <http://www.livescience.com/47307-how-geckos-stick-and-unstick-feet.html> (dostęp 20.02.2016)
- [3] <http://news.nationalgeographic.com/news/2014/07/140731-termite-mounds-insects-entomology-science/> (dostęp 20.02.2016)
- [4] Źródło: <https://en.wikipedia.org/wiki/Bionics> (dostęp 20.02.2016)

Boidy, czyli algorytm stada

Paweł Kaleciński
Student informatyki
specjalizacja bioinformatyka, III rok

Czy zastanawialiście się kiedyś jak wiele wynalazków człowiek zawdzięcza naturze? Czy gdyby nie obserwacja ptaków, moglibyśmy stworzyć samoloty? Inspiracja naturą jest częstsza niż nam się wydaje. Dla przykładu japońscy projektanci, by nadać jak najbardziej aerodynamiczny kształt jednemu z najszybszych pociągów świata (tzw. „Bullet Train”), wykonali jego lokomotywę na wzór spiczastego, podłużnego dziobu zimorodka. Jak widać obserwacja ptasiej fizjonomii ma swoje zastosowanie nie tylko w branży lotniczej.

Do czego jednak zmierzam? Obserwacja przyrody, w połączeniu z możliwościami komputerów umożliwia tworzenie jeszcze doskonalszych wynalazków. Do tego właśnie mogą być przydatne algorytmy symulujące zachowanie zwierząt, a w szczególności stada. Tym właśnie zagadnieniem zajął się amerykański programista Craig W. Reynolds. W 1986 roku wypuścił on oprogramowanie „Boids” symulujące zachowanie stada.

Boid to wirtualny obiekt mający na celu symulować osobnika w stadzie. Grupa boidów może być np. odwzorowaniem ławicy ryb, stada wilków itd. Reynolds stworzył reguły, które określają zachowanie boidów:

- wyrównanie : boid dostosowuje prędkość i kierunek poruszania się do sąsiednich boidów
- boid unika przeszkody
- **spójność**: boid stara się być w środku grupy sąsiednich boidów
- w sytuacji zagrożenia (np. obecność drapieżników) lub w celu zdobycia pożywienia boid może opuścić stado
- **separacja**: boid trzyma się w bezpiecznej odległości od sąsiednich boidów.

W przestrzeni dwuwymiarowej boid opisany jest przez następujące parametry:
współrzędne: x, y

prędkości: V_x, V_y

Jak wygląda przestrzeń wokół boida? Może on być otoczony przez różnych sąsiadów, takich jak inne boidy, pożywienie, przeszkody, drapieżnicy. Skąd wiemy, że dany obiekt jest sąsiadem? Najlepiej pokazać to na obrazku:



Obraz 1: Boid i przestrzeń wokół niego

d – odpowiednio mała odległość

r – kąt określający pole widzenia

Do sąsiadów zaliczamy wszystko co znajdzie się w zakropkowanym polu. Jak sprawdzić czy dany element e znajduje się w obszarze sąsiedztwa boida b ? Odbywa się to w następujący sposób:

- Najpierw należy sprawdzić czy obiekt znajduje się w odpowiednio małej odległości, sprawdzamy to za pomocą następującego wzoru:

$$\sqrt{(e.x - b.x)^2 + (e.y - b.y)^2} < d$$

- Jeżeli nierówność jest spełniona należy przystąpić do kolejnego kroku, jeżeli nie to znaczy, że obiekt nie jest sąsiadem.
- Do obliczenia kąta pod jakim boid się porusza, należy wykorzystać następujący wzór:

$$k_1 = \arctg \left(\frac{b.vy}{b.vx} \right)$$

- W kolejnym kroku wyliczony zostanie kąt dla odcinka boid – element:

$$k_2 = \arctg \left(\frac{e.y - b.y}{e.x - b.x} \right)$$

- Następnie należy sprawdzić wartość bezwzględną różnicy kątów, czy jest ona mniejsza od r . Jeżeli tak to znaleziono sąsiada.

Na początku artykułu zostały wymienione cechy charakteryzujące boidy, teraz zajmiemy się tym jak je sprawdzić i wprowadzić w życie.

1. **Wyrównanie:** boid dostosowuje prędkość i kierunek poruszania się do sąsiednich boidów
 - należy obliczyć średnią prędkość V_x i V_y wszystkich sąsiadów boida
 - W zależności od wagi zmiany, dokonuje się modyfikacji prędkości boida, korzystając przy tym z następujących wzorów

$$b.vx = b.vx + (waga \cdot (srednia_{vx} - b.vx))$$

$$b.vy = b.vy + (waga \cdot (srednia_{vy} - b.vy))$$

2. **Spójność:** boid stara się być w środku grupy sąsiednich boidów
 - należy obliczyć średnią odległość od sąsiednich boidów
 - modyfikacja prędkości względem każdego z sąsiadów będzie wyglądać następująco:

$$odl = \sqrt{(s.x - b.x)^2 + (s.y - b.y)^2}$$

$$b.vx = b.vx + waga \cdot \left((s.x - b.x) \cdot \frac{odl - odl_{sr}}{odl} \right)$$

$$b.vy = b.vy + waga \cdot \left((s.y - b.y) \cdot \frac{odl - odl_{sr}}{odl} \right)$$

gdzie:

odl – odległość boida od sąsiada;

odl_{sr} – odległość średnia;

b – boid modyfikowany;

s – sąsiad modyfikowanego boida

3. **Separacja:** boid trzyma się w bezpiecznej odległości od sąsiednich boidów

- boid musi się oddalić od sąsiedniego boida, jeżeli odległość jest mniejsza niż ustalona wcześniej minimalna odległość. Jeżeli boid zbyt blisko zbliży się do swego sąsiada powinien się od niego oddalić, modyfikując swoją prędkość.
- Należy wykorzystać tutaj ponownie twierdzenie o podobieństwie trójkątów oraz następujące wzory:

$$odl = \sqrt{(s.x - b.x)^2 + (s.y - b.y)^2}$$

$$b.vx = b.vx - waga \cdot \left(\frac{(s.x - b.x) \cdot odl_{min}}{odl} - (s.x - b.x) \right)$$

$$b.vy = b.vy - waga \cdot \left(\frac{(s.y - b.y) \cdot odl_{min}}{odl} - (s.y - b.y) \right)$$

gdzie:

odl – odległość boida od sąsiada;

odl_{min} – ustalona odległość minimalna, której nie powinien przekraczać boid

Pozostałe reguły można zaimplementować używając reguły o bezpiecznej odległości. Dodanie losowości do symulacji może wzmocnić realność zachowania stada. Jeżeli np. w kolejnych iteracjach zakłócimy ruch boidów, np. zmieniając vx, vy, wtedy ruch boidów zacznie być chaotyczny, co rozbije „strukturę” stada. Jak widać odwzorowanie swojego stada nie jest takie trudne. Algorytm ten ma wiele zastosowań, wykorzystywany jest m.in. w sterowaniu i stabilizacji prostych bezzałogowych pojazdów naziemnych (UGV), w grafice ułatwia symulacje zachowania zwierząt stadnych, wykorzystano go np. w grze *Half-Life*. Co ciekawe, model ten użyto również w filmach, m.in. w *Powrocie Batmana* w reżyserii Tima Burtona, gdzie wygenerowano komputerowo stado nietoperzy. Do ciekawszych zastosowań można zaliczyć automatyczne zaprogramowanie wielu kanałów radiowych, wizualizacje informacji oraz optymalizację. Jest to tylko kilka przykładów, potwierdzających to, że algorytm stada jest szeroko stosowany również wokół nas, nie tylko w nauce.

Źródło:

<http://www.algorytm.org/sztuczna-inteligencja/boidy.html> (dostęp 12.02.2016)

Bio... i co?

Anna Szylak

Studentka informatyki

specjalizacja bioinformatyka, III rok

Pojęcie bioniki jest często używane zamiennie ze słowami biomimika, biomimetyka, biomimikra czy też inżynieria bioniczna. Jest to stosunkowo nowa dziedzina nauki (powstała około 50 lat temu), niemniej jednak była już praktykowana dużo wcześniej. Wielu dawnych uczonych sądziło, że obserwacja przyrody jest kluczem do nowych, praktycznych rozwiązań w różnych dziedzinach. Jednym z takich naukowców był Leonardo da Vinci. Uważał on, że „im pełniejsza jest wiedza o świecie i przyrodzie, tym pełniejszą i lepszą będzie nauka i sztuka. Nauka i sztuka dążyły w jego pojęciu do jednego celu: poznania i odtworzenia rzeczywistości” [1].

Nie mylił się. Obecnie widać, że mnóstwo postępów naukowych zostało dokonanych właśnie dzięki bionice. A oto dziedziny, w których ów nauka ma już znaczne osiągnięcia:

- Biokinytyka i dynamika poruszania się organizmów lądowych – na ich podstawie budowane są obecnie roboty i urządzenia mobilne,
- Biohydrodynamika – pozwala budować pojazdy nawodne i podwodne,
- Bioaerodynamika – przydatna przy opracowywaniu pojazdów latających czynnie i biernie,
- Badanie struktur budowy szkieletu zwierząt oraz powierzchni rolnych – dzięki temu po-

wstają nowe materiały i elementy konstrukcji w architekturze,

- Biokomunikacja ze środowiskiem – stworzono systemy sterowania oraz sieci neuronowe,
- Bioenergetyka – zdobyto nowe źródła energii i paliwa.

Wiadomo, że obecnie inspiracja przyrodą pomogła twórcom robotów opracowanie (we współpracy z przyrodnikami) dynamiki, jak i wyglądu ich robotów zależnie od środowiska. Sporządzają wzorce oparte na sposobie poruszania się organizmów takich jak: insekty, ssaki czy ryby. Tak samo też zostały już podjęte kroki w kierunku poprawy życia osób niepełnosprawnych. Mówimy tu oczywiście o bionicznych protezach.

Obecnie głównym przedstawicielem tej technologii jest Hugh Herr, profesor biomechatroniki na MIT. W młodości, w wyniku odmrożenia, utracił dolne kończyny. To skłoniło go do działania w kierunku polepszenia ówczesnych protez. Zauważył, że są one niepraktyczne w wielu sytuacjach jak wspinaczka, wchodzenie po schodach itp. Teraz jak sam mówi ma różne rodzaje protez w zależności od aktywności jaką chce wykonywać. „Mam parę nóg do biegania, która przypomina płozy, osobną do spacerowania, jeżdżenia na nartach i kilka par do wspinaczki. Jedne specjal-

nie zaprojektowane do chodzenia po stromym lodzie, są też stopki do opierania się na małych kamieniach i para do stromych wzniesień. Aha, gdzieś leżą jeszcze nogi nieprzemakalne, do pływania” [2].

Podczas konferencji TED pokazał się w bionicznych nogach własnego projektu, które zostały połączone z ciałem dzięki syntetycznej skórze o zmiennej sztywności. Ma ona za zadanie odzwierciedlać biomechanikę leżącej pod nią tkanki. Efekt jest zdumiewający, nie tylko optycznie, ale sposób poruszania się jest zdecydowanie łatwiejszy niż z użyciem dawnych protez. Niestety takie dopracowane protezy są kosztowne (około dziesięciu milionów dolarów za sztukę), więc nie każdego na nie stać. Nie można się temu dziwić, dopracowanie ich wymaga czasu jak i wielu materiałów, gdyż są tworzone tak precyzyjnie, aby dynamika poruszania się danej osoby została jak najlepiej oddana. Przemysł protez został wprowadzony na wyższy poziom. Lepiej można to zrozumieć przypatrując się przypadkowi Adrienne Haslet-Davis, baletnicy. Po utracie nóg nie wierzyła, że kiedykolwiek jeszcze zatańczy, bo protezy, które nosiła, uniemożliwiały jej to. Herr specjalnie dla niej postanowił zaprojektować nowe odpowiednio dostosowane. Aby tego dokonać należało wcześniej pozbiierać informacje jak podczas tańca działają mięśnie, kości oraz ścięgna. Następnie te dane zostały przetworzone przez specjalny algorytm komputerowy w wyniku czego po wielu miesiącach cel został osiągnięty. Te sztuczne nogi są podłączone za pomocą elektrod do jej własnych działających mięśni. Adrienne jest w stanie w nich wykonywać piruety, i marzenie o powrocie do tańca zostało osiągnięte [3].

Co jeszcze proponuje i do czego dąży bionika?

- eLegs – to egzoskielet przeznaczony dla ludzi jeżdżących na wózku inwalidzkim. Umożliwia im chodzenie. System oparty jest

na specjalnym plecaku oraz mechanicznych nogach. Plecak dostaje sygnał z czujników zamieszczonych przy nogach, informujący o tym jaki będzie następny ruch. Mechaniczne nogi są napędzane czterema silnikami zamieszczonymi przy biodrach i kolanach. Użytkownik łatwo stawia nogi na ziemi dzięki sprężynom pozycjonującym kostki.

- Są budowane również egzoskielety, które mają zapewnić komfort biegania jak również chronić kolana. Poprzez zmianę sztywności i miękkości, na odpowiednich etapach, chronią stawy przed wstrząsami i zwyrodnieniami.
- Powstało już bioniczne oko. Przeznaczone jest ono dla osób, które straciły wzrok w wyniku urazu lub wypadku, ale wykształciło się u nich widzenie. Działanie ów oka oparte jest na mechanizmie widzenia zdrowego człowieka. Widzenie jest możliwe dzięki miniaturowej wielkości kamerki zamieszczonej na okularach przeciwsłonecznych wraz z zewnętrznym odbiornikiem oraz implantem siatkówkowym (matrycą z elektrodami) [4].
- Nie tylko zmysł wzroku udało się przywrócić. Bioniczna dłoń, to nie tylko zwykła proteza, ale taka, która daje możliwość odczucia dotyku poprzez połączenia z odpowiednimi nerwami w górnej części ramienia [5].
- Jednym z większych osiągnięć w implantologii jest sztuczne serce. Służy ono pacjentom czekającym na przeszczep. Jest w stanie pracować samodzielnie poprzez układy, które powinny zapewnić poprawny przepływ krwi u biorcy. Zostało ono wynalezione przez firmę Carmat, założoną przez grupę EADS, zajmującą się przemysłem zbrojeniowym i kosmicznym.
- Warto wspomnieć o sztucznych mięśniach, które są zbudowane ze skręconych włókien węglowych nanorurek. Ich mechanizm jest oparty na działaniu naturalnych mięśni – pod wpływem prądu elektrycznego rozsze-

rzają się szybko, a ich długość nie zmienia się w ogóle. Cechuje je ogromna twardość i wytrzymałość, a także lekkość.

- W przyszłości możemy się również spodziewać bionicznych ubrań, które będą się dopasowywać do naszych potrzeb. Nie tylko nie będziemy musieli ich prasować, ale materiał będzie zmieniał swoją elastyczność np.: gdy będziemy osłabieni, materiał usztywni się, aby wesprzeć nasze mięśnie. Możliwe, że będą one mieć jeszcze inne udogodnienia.
- Następną nowością (tym razem przeznaczoną do rozwoju cybernetyki) są bioniczne części. Przekształcają one energie słoneczną w energię elektryczną rozwiązując przy tym problem dostarczenia energii potrzebnej do funkcjonowania cyborgów [6].
- Co może część osób zaskoczyć to fakt, że ludzki organizm został już odtworzony w 70%. Ten bioniczny człowiek został nazwany Rex. Jest on obecnie najbardziej zaawansowaną bioniczną konstrukcją. Jego twarz nie porusza się, ale jest on wyposażony w bioniczne oczy i rozpoznaje (w ograniczonym zakresie) ludzką mowę, co pozwala na kontakt z nim. Nie posiada układu pokarmowego, natomiast oddycha jak my, a co więcej posiada bioniczne serce. Wszystkie wewnętrzności są na wierzchu. Kończyny również są bioniczne, jak wspomniane już wcześniej protezy.
- Następnym etapem w rozwoju bioniki, w dalszej przyszłości (jak już technologia będzie wystarczająco rozwinięta) będzie osiągnięcie nieśmiertelności przez ludzi. Naukowcy planują posunąć się o krok dalej i podjąć próbę umieszczenia ludzkiego mózgu w maszynie. W teorii jej funkcje będą kontrolowane przy pomocy myśli poprzez odczyt fal mózgowych. Należy jeszcze pamiętać o tym, że mózg starzeje się, dlatego klonowanie i nanotechnologia mają pomóc naprawiać uszkodzone komórki [7].

Organy do przeszczepu bez konieczności czekania na dawcę, jak również umożliwienie sprawności osobom niepełnosprawnym jest rzeczą potrzebną. Można w takim razie powiedzieć, że wkraczamy już w czasy „poprawiania” człowieka, w końcu te części mają sprawić, że będziemy sprawniejsi, mniej odczuwać ból i zmęczenie. Należy jednak pamiętać, że istnieje jeszcze jakaś granica między nami i maszynami, i lepiej uważać żeby jej nie przekroczyć. Oczywiście, bionika nie ma tylko zastosowań strictly powiązanych z „polepszaniem” ludzkiego organizmu. Ma wiele zastosowań zarówno w animatronice, medycynie, architekturze, obronności i w codziennym życiu. Warto się w nią zagłębić, gdyż definitywnie stanowi przyszłość nauki. Praktykując ją należy pamiętać o otwartym umyśle i dokładnej obserwacji przyrody, która kryje w sobie jeszcze wiele tajemnic do odkrycia.

[1] <http://oizet.p.lodz.pl/ins/zptiep/bionika.html> (dostęp 21.02.2016)

[2] http://wyborcza.pl/pia/tekestra/1,137941,15925029,Hugh_Herr_Moje_nogie_umra_nigdy.html?disableRedirects=true (dostęp 21.02.2016)

[3] https://www.ted.com/talks/hugh_herr_the_new_bionics_that_let_us_run_climb_and_dance?language=pl (dostęp 21.02.2016)

[4] <http://tylkonauka.pl/wiadomosc/sztuczne-okoszansa-odzyskanie-wzroku-przez-niewidomych> (dostęp 21.02.2016)

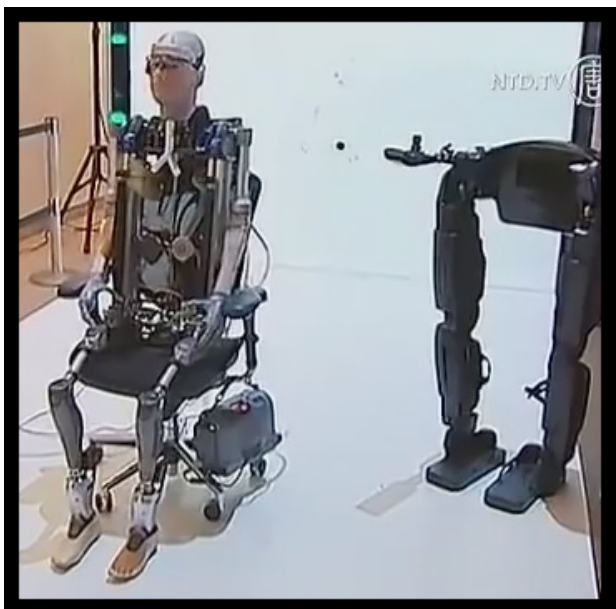
[5] <http://tylkonauka.pl/wideo/nowoczesna-proteza-przywrocila-pacjentowi-zmysl-dotyku> (dostęp 21.02.2016)

[6] <http://tylkonauka.pl/wiadomosc/uczeni-stworzyli-dla-przyszlych-cyborgow-bioniczne-czastki-ktore-tworza-energie-elektryczn> (dostęp 21.02.2016)

[7] <http://gadzetomania.pl/2447,nadchodzi-bioniczny-czlowiek> (dostęp 21.02.2016)



Zdjęcie 1: [3] Protezy Hugh Herr-a, pokazane na konferencji TED



Zdjęcie 2: Rex – bioniczny człowiek (źródło: <https://www.youtube.com/watch?v=L7cd9YXBYpA>)

PCA, czyli analiza głównych składowych

Agnieszka Pocha

doktorantka na Wydziale Matematyki i Informatyki UJ

Analiza głównych składowych (ang. *Principal Component Analysis*) to metoda pozwalająca dokonać takiego obrotu układu współrzędnych, by zmaksymalizować wariancję danych na poszczególnych wymiarach oraz uszeregować kolejność tych wymiarów według malejącej wariancji w danym wymiarze – tzn. ten wymiar, w którym dane mają największą wariancję będzie pierwszy.

Wariancję na danym wymiarze możemy skojarzyć z ilością informacji, jakie niesie ten wymiar. Jeżeli zatem chcemy zmniejszyć wymiarowość naszych danych z do (gdzie), możemy przeprowadzić analizę składowych głównych. Wiemy, że najwięcej informacji zawierać będą początkowe wymiary, zatem najlepiej będzie zostawić pierwsze wymiarów zwróconych przez PCA – w ten sposób mamy pewność, że zminimalizowaliśmy ilość utraconej informacji. Z tego powodu metoda PCA często bywa stosowana do redukcji wymiarów danych.

DLACZEGO POZBYWAĆ SIĘ WYMIARÓW?

Zanim przejdziemy do matematycznego przedstawienia metody, powinniśmy się jeszcze zastanowić, dlaczego ktoś miałby zubażać swoje cenne dane – przecież zwykle każda informacja jest na wagę złota! Okazuje się jednak, że redukcja danych jest czasem niezbędna. Jest ona używana, gdy:

- trzeba zwizualizować wielowymiarowe dane – graficzne przedstawienie więcej niż czterech wymiarów jest niezwykle kłopotliwe
- proces jest opisany przez wiele zmiennych, ale mamy silne podejrzenie, że większość z nich nie wnosi dodatkowej informacji
- dane mają tak wiele wymiarów, że nie jesteśmy w stanie na nich pracować i musimy dokonać jakiejś redukcji – oczywiście takiej, by „skompresowane” dane nie utraciły istotnej dla nas informacji

MATEMATYCZNE WYPROWADZENIE – DLACZEGO TO DZIAŁA?

Jak zwykle w matematyce potrzebne nam będą jakieś założenia. Założmy więc, że macierz X ma n kolumn odpowiadających przykładowo uczącym oraz d wierszy – wymiarów danych. Ponadto ważne jest, aby średnia wartość w każdym wymiarze była równa 0. Możemy to uzyskać dokonując prostego przekształcenia macierzy X :

$$X = X - \frac{1}{n}X \cdot 1$$

gdzie 1 oznacza macierz jedynek wielkości $n \times n$.

Jak wspomnieliśmy na początku metoda PCA ma na celu dokonać obrotu układu współrzędnych. Policzymy zatem, jakie współrzędne będzie miał punkt rzutowany na prostą – nową oś współrzędnych, przyda nam się to w dalszych rozważaniach. Oznaczmy tę prostą przez wektor u , przykładowy punkt przez x_n , a jego nową wartość przez x_p . Dla jednoznaczności przyjmijmy, że $u^T u = 1$, ponieważ interesuje nas kierunek wektora prostej u , a nie jego długość. Przy takich oznaczeniach

$$x_p = u^T x_n$$

Wyznamy także średnią wartość danych po rzutowaniu.

$$\text{średnia po rzutowaniu} = u^T \bar{x},$$

$$\text{gdzie } \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n$$

Ta średnia jest nam potrzebna, by wyznaczyć, jaka jest wariancja danych po rzutowaniu na tę prostą. Ze wzoru na wariancję możemy zapisać, że jest ona równa:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \{u^T x_n - u^T \bar{x}\}^2 = \\ &= \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \{u^T (x_n - \bar{x})\}^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N u^T (x_n - \bar{x}) [u^T (x_n - \bar{x})]^T = \\ &= \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N u^T (x_n - \bar{x}) (x_n - \bar{x})^T u = u^T \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (x_n - \bar{x}) (x_n - \bar{x})^T u = \\ & \quad u^T S u, \end{aligned}$$

$$\text{gdzie } S = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (x_n - \bar{x}) (x_n - \bar{x})^T$$

Zauważmy, że jest macierzą kowariancji.

Mając wariancję danych po rzutowaniu na prostą u przypominamy sobie, że miała być ona zmaksymalizowana – musimy zatem znaleźć takie u , by rzeczywiście tak się stało. Pamiętajmy jednak o ograniczeniu, które nałożyliśmy na u , tzn. $u^T u = 1$. Aby zmaksymalizować wariancję, użyjemy metody mnożników Lagrange'a. Zapiszmy zatem funkcję, którą będziemy maksymalizować:

$$u^T S u + \lambda(1 - u^T u)$$

Wiemy, że aby znaleźć ekstrema funkcji musimy znaleźć jej pochodną i wyznaczyć miejsca zerowe. Pochodna po u naszej funkcji wynosi:

$$S u - \lambda u$$

Widzimy, że jest ona równa 0, kiedy:

$$S u = \lambda u$$

Patrząc na taki zapis, możemy zauważyć, że u jest wektorem własnym macierzy S odpowiadającym wartości własnej λ . Możemy zatem wnioskować, że dobrymi kandydatami do maksymalizowania wariancji będą właśnie wektory własne macierzy S . Jeżeli przemnożymy powyższe równanie lewostronnie przez u^T , otrzymamy:

$$u^T S u = u^T \lambda u$$

Pamiętając, że λ jest skalar, natomiast $u^T u = 1$, możemy zapisać:

$$u^T S u = \lambda$$

Widzimy, że lewa część tego równania to nasza wariancja, którą chcemy zmaksymalizować. Zauważmy, że jest ona równa wartości własnej odpowiadającej poszukiwanemu wektorowi u . Zatem, wariancja będzie zmaksymalizowana

przez taki wektor kierunkowy u , który odpowiada największej wartości własnej macierzy S .

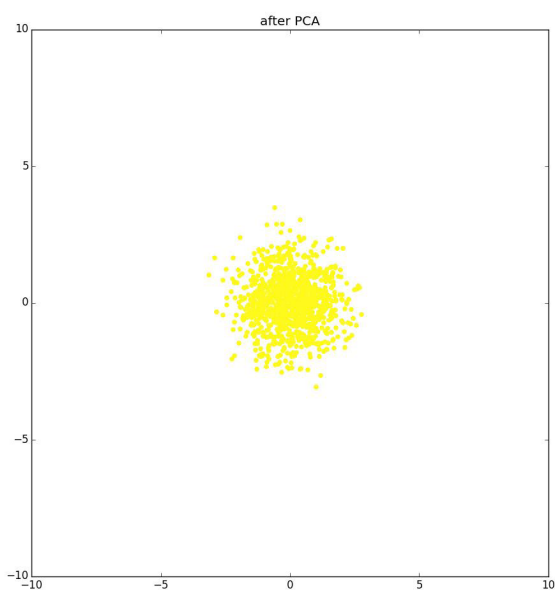
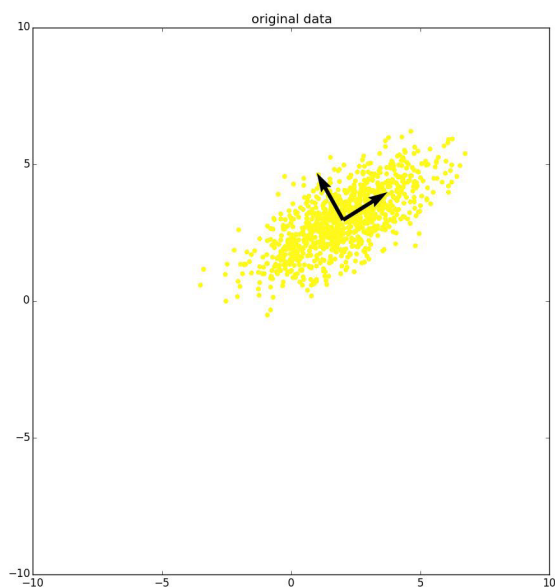
Aby wyznaczyć kolejny wektor kierunkowy (kolejną oś układu współrzędnych) – a wiemy, że powinno ich być d – musimy dołożyć warunek, że nowy wektor powinien być ortogonalny do wszystkich wcześniej wyznaczonych wektorów i przeprowadzić analogiczne rozumowanie. Zauważymy wtedy, że kolejne wektory kierunkowe okażą się wektorami własnymi macierzy S odpowiadającymi kolejnym największym wartościom własnym.

PRZYKŁAD

Poniższy kod pokazuje, w jaki sposób można użyć implementacji metody PCA z pakietu `sklearn`. Wynik jego działania przedstawiono na wykresie obok.

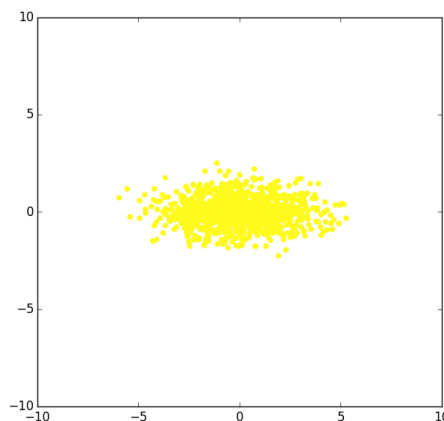
```
1: import numpy as np
2:
3: # generate some data
4: n_samples = 1000
5: data = np.random.multivariate_normal(mean = [2,3], cov = [[1,0],[3,2]], size = (n_samples))
6:
7: # perform PCA
8: from sklearn.decomposition import PCA
9: pca = PCA(n_components = 2, whiten = True)
10: pca.fit(data)
11: data_pca = pca.transform(data)
```

W linii 9 tworzony jest obiekt PCA, parametr „whiten” sprawia, że przed przeprowadzeniem analizy dane zostaną ustandaryzowane, tzn. wycentrowane w zerze, a wariancja na każdym wymiarze znormalizowana. W kolejnej linii przeprowadzana jest właściwa analiza – wyznaczenie głównych składowych. W linii 11 używamy wyliczonych wartości do przetrzucenia danych na nowy układ współrzędnych.



Na powyższym wykresie u góry widzimy oryginalne dane i wyznaczone przez metodę PCA wektory. Możemy zauważyć, że są one do siebie ortogonalne oraz wskazują kierunki największej wariancji danych. Na wykresie po stronie

prawej widzimy dane po przedstawieniu w nowym układzie współrzędnych. Widać, że są one wycentrowane w zerze oraz mają kształt „kulki” – jest to efektem wybielenia danych. Aby lepiej zrozumieć, co się stało, można spojrzeć na wykres poniżej. Przedstawia on te same dane, ale tym razem metoda PCA została przeprowadzona na danych wycentrowanych, ale o nieznormalizowanej wariancji. Widać, że tym razem dane zachowały podłużny kształt i zostały „wypoziomowane”, tzn. największą wariancję mają wzdłuż osi x.



Istotną rzeczą, o której musimy pamiętać używając metody PCA jest wycentrowanie danych przed przystąpieniem do analizy – bądź samodzielnie, bądź też używając gotowych implementacji.

Bibliografia:

- [1] https://pl.wikipedia.org/wiki/Analiza_głównych_składowych (dostęp 27.01.2016)
- [2] https://en.wikipedia.org/wiki/Principal_component_analysis (dostęp 27.01.2016)
- [3] Christopher M. Bishop, *Pattern Recognition and Machine Learning*, Springer, 2006, sekcje 12.1–12.3
- [4] Sergios Theodoris, “Machine Learning. A Bayesian and Optimization Perspective”, Academic Press, 2015, sekcja 19.3

Sprawozdanie z działań Koła

Paulina Kania

Prezes Koła Naukowego BIT UJ

Studentka Informatyki na Wydziale Matematyki i Informatyki UJ, IV rok

Tym numerem otwieramy nowy semestr pełen wyzwań!

WARSZTATY

W ubiegłych miesiącach udało nam się zainteresować kilka osób naszymi warsztatami z **Pythona**. W tym semestrze zamierzamy je kontynuować, ale na bardziej zaawansowanym poziomie – takim, który docelowo pozwoli wspólnie pracować nad większym projektem.

Z pewnością kilka pierwszych spotkań będzie miała nadal charakter warsztatów, a kolejne będą po prostu czasem dla wspólnej pracy nad projektem, rozwiązywania problemów, dyskusji nad dalszą pracą.

Chcemy również uruchomić warsztaty z **Photshopa**.

Więcej informacji znajdziecie na naszym fanpage'u!

LICZBY-KOMPUTERY-ŻYCIE 2016

Już w dniach 8-10 kwietnia 2016r. na Wydziale Matematyki i Informatyki UJ gościć będziemy uczestników piątej już edycji Ogólnopolskiej Konferencji bioinformatycznej „Liczby-Komputery-Życie” LKŻ 2016. Kilkunastu prelegentów z różnych miast, profesorów i doktorów, wygłosi wykłady na temat najnowszych badań dotyczących m.in. genetyki, modelowania matematycznego i komputerowego, chorób degeneracyjnych,

atlasów mózgu, interfejsów mózg-komputer, analizy obrazu, ale nie tylko!

Oto nazwiska prelegentów oraz tematy ich wystąpień:

- Prof. Marek Lankosz – „Mikro-obrazowanie pierwiastkowe tkanek objętych procesem nowotworzenia i neurodegeneracji”
- Dr hab. Zenon Matuszak – „Biofizyka komórki upigmentowanej. Podejście systemowe. Melanogeneza, melaniny, melanoma”
- Dr hab. Piotr Suffczyński – „Dialog neuronów ze środowiskiem – nowe spojrzenie na padaczkę”
- Prof. Wiesław L. Nowiński – „Atlasy mózgu: budowa, zastosowania i przyszłe kierunki”
- Prof. Daniel Wójcik – „Od ciągów iglic po zachowanie myszy: modelowanie zdarzeń punktowych w neurobiologii”
- Prof. Aleksander Sieroń – „Skąd pochodzi i jak ewoluowało życie na Ziemi”
- Prof. Ryszard Rudnicki – „Modele fenotypowe”
- Dr Jacek Śmietański – „Przewidywanie oddziaływań między nukleotydowych oraz struktur RNA”
- Prof. UAM Izabela Makałowska – „Genomowe surowce wtórne”
- Dr Rafał Kawa – „Diagramy Voronoi w naukach przyrodniczych: algorytmy wyznaczania gorsze, lepsze i najlepsze”

- Prof. US Urszula Boryczka – „Inteligencja obliczeniowa inspirowana naturą”
- Dr hab. Inż. Prof. PWR Małgorzata Kotulska – „Jak powstają i działają złoże amyloidowe w chorobach neurodegeneracyjnych – perspektywa bioinformatyka”
- Dr. Hab. Jarosław Żygierewicz – „Interfejsy mózg-komputer „od kuchni””

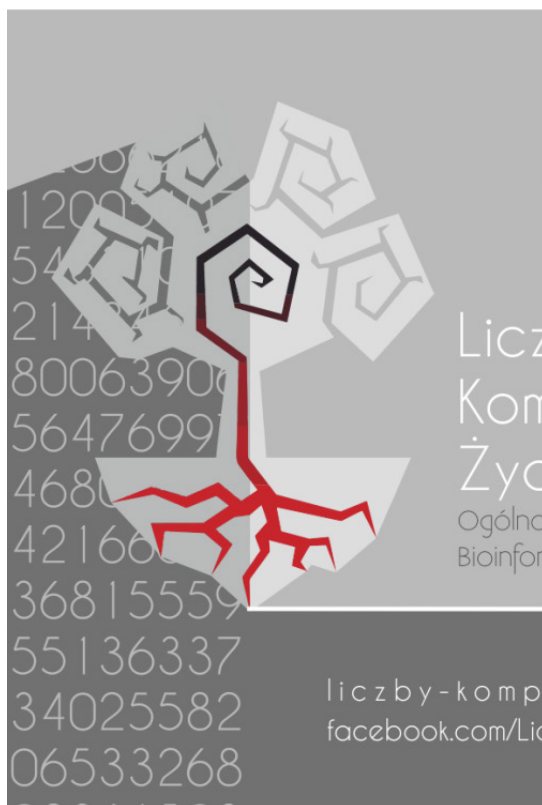
Poza tym głos zostanie oddany studentom i doktorantom podczas sesji studenckiej oraz posterowej. Nie zabraknie także jednej z charakterystycznych dla tej Konferencji form spotkania czyli warsztatów komputerowych. Jedną z nowości oferowanych uczestnikom jest czas wykładów, które w tym roku trwać będą krócej, czyli 60 minut, po których nastąpi czas na pytania.

Opłata za udział w konferencji nie jest wysoka i wynosi 30zł. Rejestracja jest już otwarta. Naprawdę warto wziąć udział!

Po więcej informacji zapraszamy na stronę internetową konferencji www.liczby-komputery-zycie.pl oraz na www.facebook.com/LiczbyKomputeryZycie.

Jak się z nami skontaktować?

- Adres kołowy: **kolobioinformatykiuj@gmail.com**
- Adres redakcji: **bioinfoworld.redakcja@gmail.com**
- Nasz fanpage: **www.facebook.com/koloBI-TUJ**
- Jesteśmy w sali 1160 na Wydziale Matematyki i Informatyki



Wydział Matematyki i Informatyki
Uniwersytetu Jagiellońskiego

8-10 kwietnia 2016r.
Kraków

**Liczby
Komputery
Życie 2016**
Ogólnopolska Konferencja
Bioinformatyczna

wykłady
warsztaty
sesje
posterowe
sesja
studencka

liczby-komputery-zycie.pl
[facebook.com/LiczbyKomputeryZycie](https://www.facebook.com/LiczbyKomputeryZycie)