

Politechnika Łódzka
Wydział Fizyki Technicznej, Informatyki
i Matematyki Stosowanej
Instytut Informatyki

Łukasz Lesiuk, 165463

Rozpoznawanie znaków
języka japońskiego
przy użyciu sieci neuronowych

Praca inżynierska
napisana pod kierunkiem
dr inż. Jana Stolaraka

Łódź 2014

Spis treści

Spis treści	iii
1 Wstęp	1
1.1 Cele pracy	2
1.2 Uzasadnienie wyboru tematu oraz przegląd literatury	2
1.3 Układ pracy	5
2 Część teoretyczna	7
2.1 Wprowadzenie do tematyki sieci neuronowych	7
2.1.1 Podstawy biologiczne	8
2.1.2 Architektury sieci	8
2.1.3 Algorytmy nauki	8
2.2 Wykorzystywane operacje graficzne	9
3 Technologie i narzędzia	11
3.1 Język programowania	11
3.2 Oprogramowanie	11
3.2.1 Środowisko programistyczne	11
3.2.2 Wykorzystane biblioteki	11
3.2.3 Serwer bazy danych	11
3.3 Sprzęt	11
3.4 Techniki i metodologie programistyczne	11
3.5	11
4 Wyniki badań eksperymentalnych	13
5 Podsumowanie i wnioski	15
Bibliografia	17
A Płyta CD	19

Rozdział 1

Wstęp

Temat mojej pracy obejmować będzie dziedziny nauki takie jak inżynieria oprogramowania, przetwarzanie obrazu oraz sztuczna inteligencja, ze szczególnym naciskiem na tytułarne sieci neuronowe. W przypadku inżynierii oprogramowania przedstawiony będzie proces powstawania kilku aplikacji pobocznych oraz finalnej w jednej z technologii dla urządzeń mobilnych, która ma być wykorzystana do rozpoznawania znaków języka japońskiego wprowadzonych przez użytkownika. Elementy przetwarzania obrazu pojawią się głównie w przypadku obróbki danych w postaci graficznej, potrzebnych w dalszych krokach do przeprowadzenia poprawnego rozpoznania. Natomiast sztuczna inteligencja będzie szczególnie zauważalna w części badawczej, gdyż wszelkie wyniki będą zależeć od poprawności i rodzaju wykorzystanych algorytmów typowych dla tejże dziedziny nauki.

Wybór tematyki został podyktowany głównie rosnącym zainteresowaniem dla wykorzystania sztucznej inteligencji w różnorodnych procesach rozpoznawania, gdzie użycie zwykłych algorytmów spoza tej specyficznej dziedziny nauki nie jest już wystarczające, gdyż daje niedostateczne wyniki. Natomiast badania w dziedzinie sztucznej inteligencji przynoszą ciągle nowe i coraz bardziej obiecujące rezultaty, niejednokrotnie z możliwością ich zastosowania w rozwiązaniach końcowych. Z drugiej strony w ostatnim czasie znacznie rozszerzyły się możliwości wykorzystania złożonych algorytmów obliczeniowych na wcześniej wspomnianych urządzeniach mobilnych. Ich moc obliczeniowa szczególnie w charakterze operacji czysto matematycznych przeprowadzanych na jednostkach obliczeniowych (ang. Central Processing Unit, CPU) uległa znacznemu wzrostowi i wielu przypadkach niemal dorównuje mniej zaawansowanym komputerom. Obecnie znane są już aplikacje służące do rozpoznawania znaków, również tych języka japońskiego, jednak brakuje zastosowania w tym przypadku proponowanych przeze mnie sieci neuronowych. Idea ich wykorzystania skupia się na osiągnięciu możliwie najwyższego stopnia rozpoznania przy jednoczesnym umożliwieniu tolerancji na drobne błędy występujące przy wprowadzaniu znaku przez użytkownika. Osiągnięcie tego celu będzie głównym priorytetem w części badawczej, gdzie zostaną podjęte próby zastosowania różnych algorytmów nauki sieci neuronowych oraz ich parametryzacja, która jest zwykle kluczowym krokiem na drodze do uzyskania zadowalających wyników.

1.1 Cele pracy

Na podstawie przeglądu tematu stawiam następujące cele pracy:

- Stworzenie zestawu aplikacji, poczynając od pomagającej w zbieraniu danych, poprzez przeprowadzającą proces uczenia aż do aplikacji finalnej gdzie dochodzi do rozpoznania znaków wprowadzanych przez użytkownika
- Wykazanie skuteczności poszczególnych architektur oraz wybranych algorytmów nauki sieci neuronowych
- Wykorzystanie technologii mobilnych przy akwizycji danych oraz podczas ostatecznego procesu rozpoznawania

1.2 Uzasadnienie wyboru tematu oraz przegląd literatury

Wykorzystanie sieci neuronowych w zastosowaniach, innych aniżeli komercyjne, staje się coraz popularniejsze za sprawą szerokiego dostępu do coraz szybszych jednostek obliczeniowych. Trend ten dotyczy również urządzeń mobilnych. Właściwie, w tym przypadku, wzrost mocy obliczeniowej na przestrzeni ostatnich lat jest bardziej znaczący niż ma to miejsce dla komputerów. W związku z powyższym, pojawiają się nowe możliwości zastosowań w dość specyficznym obszarze aplikacji dla urządzeń mobilnych – głównie w dziedzinach wymagających znacznych nakładów czysto obliczeniowych, do jakich niewątpliwie należy sztuczna inteligencja, z sieciami neuronowymi na czele. Celem niniejszej pracy będzie wykorzystanie potencjału sieci neuronowych do przeprowadzenia rozpoznawania znaków języka japońskiego i udostępnienie tego rozwiązania użytkownikom urządzeń mobilnych. Ponadto, przeprowadzone zostaną rozległe badania mające na celu ustalenie jak najbardziej optymalnych parametrów działania takiej sieci neuronowej. Dalsze szczegóły dotyczące rozwiązania pojawią się w kolejnych częściach pracy. Jednak na wstępie postaram się przedstawić podstawowy schemat procesu, bez wdawania się w szczegóły wymagające nieraz rozległego podłoża teoretycznego. Zatem, pierwszym krokiem w wypracowanym przeze mnie rozwiązaniu będzie stworzenie aplikacji na urządzenia mobilne, której zadanie będzie polegało na wsparciu procesu akwizycji danych, których znaczna ilość jest niezbędna do skutecznego wykorzystania sieci neuronowych. Pobranie danych będzie polegało na wykorzystaniu dotykowych ekranów tych urządzeń, gdzie sczytane zostaną ruchy rysujące wybrane znaki. Dane te zostaną wykorzystane jako podstawa do kolejnej aplikacji, która wykorzysta wybrane algorytmy dla sieci neuronowych i ich liczne, zmienne parametry do otrzymania wyników prowadzących do finalnego rozpoznania znaków języka japońskiego. Ta ostatnia część procesu zostanie również zaprojektowana na urządzenia mobilne, co w połączeniu z łatwym sposobem wprowadzania znaków, umożliwi szybki i przystępny sposób przeprowadzenia rozpoznania.

Niemniej jednak w celu osiągnięcia powyższych założeń niezbędne będzie odniesienie się do licznych źródeł, zarówno elektronicznych, w postaci dokumentacji technicznych, jak i tych bardziej tradycyjnych – książek, publikacji naukowych oraz artykułów. W procesie powstawania aplikacji implementującej sieci neuronowe wykorzystania zostanie technologia Java, wraz z jej niemal bezkresną dokumentacją techniczną [1]. Podstawowym źródłem wiedzy w przypadku tworzenia oprogramowania na urządzenia mobilne będzie oficjalna witryna dla developerów środowiska Android [2]. Wybór tej technologii został podyktowany jej powszechnym użyciem oraz dostępem do licznych narzędzi programistycznych w postaci: bibliotek, debuggerów i emulatorów urządzeń. Ponadto wyróżnić można rozległą dokumentację techniczną znacznie ułatwiającą proces powstawania aplikacji. Nie bez znaczenia pozostaje też wsparcie sprzętowe dla bardzo zróżnicowanej grupy urządzeń, co pozwoli zaoszczędzić znaczną ilość czasu i skupić się na kluczowych elementach tej pracy. Kolejne pozycje wykorzystane przeze mnie skupiają się na aspektach znacznie bardziej naukowych. Pierwszą z nich jest publikacja prof. Ryszarda Tadeusiewicza "Sieci neuronowe" [12]. Jest ona świetnym wprowadzeniem do tematyki sieci neuronowych, gdyż przedstawiona została tutaj podstawowa wiedza niezbędna do dalszego zgłębiania licznych, powiązanych zagadnień. Zawarte zostały również dzieje badań w tej materii poparte uwarunkowaniami biologicznymi ułatwiające zrozumienie intencji tworzenia sieci neuronowych. Szeroko opisane zostały również kluczowe aspekty matematyczne, poparte przystępnymi przykładami. W dalszej części pojawiają się również opisy konkretnych zastosowań, gdzie omówieniu poddawane są – kluczowe dla części badawczej tej pracy – parametry charakterystyczne dla poszczególnych algorytmów. Kolejną pozycją jest podręcznik "Sieci neuronowe do przetwarzania informacji" autorstwa prof. Stanisława Osowskiego [8]. Tutaj również na wstępie przedstawione zostają podstawy biologiczne na przykładzie pierwszych modeli sieci neuronowych oraz dalsze, obecnie znane zastosowania. Szczegółowemu opisowi podlegają modele neuronów oraz specyficzne dla nich metody uczenia. W dalszej części prezentowane są już różnego rodzaju struktury sieci przeznaczone dla innych, specyficznych zastosowań wraz z odpowiadającymi im eksperymentami numerycznymi. W swojej pracy chciałbym się również odwołać do publikacji autorów zagranicznych – utrwalonych w języku angielskim. W tym przypadku odwołania dotyczyć będą głównie detali opracowywanych algorytmów i wykorzystywanych metod optymalizacyjnych. Jako pierwszą postaram się przybliżyć książkę pod tytułem "Image processing and pattern recognition. Fundamentals and techniques" (Przetwarzanie obrazów i rozpoznawanie wzorców. Podstawowe zasady oraz techniki), której autorem jest prof. Frank Y. Shih [11]. Prezentowane są tam jasne tłumaczenia podstawowych zasad w obranej tematyce oraz ich dalsze zastosowania w obecnie wykorzystywanych aplikacjach. Wyjaśnia kluczowe kwestie w dziedzinie przetwarzania obrazów oraz rozpoznawania wzorców, nie tylko ułatwiając proces implementacji omawianych rozwiązań, ale również zachęca do podejmowania własnych badań nad omawianymi tematami. Kluczowymi elementami, które zostaną przeze mnie wykorzystane są informacje na temat segmentacji obrazów (Część I, Rozdział 5) oraz rozpoznawania wzorców w kontekście użycia sieci neuronowych (Część I, Rozdział 9). Ponadto, zwrócę uwagę

na praktyczne zastosowania klasyfikacji obrazów w przypadku rozpoznawania znaków (Część II, Rozdział 11). Kolejnym tytułem jest "Neural networks as cybernetic systems" (Sieci neuronowe jako systemy cybernetyczne) autorstwa prof. Holka Cruse'a [4]. Jest to publikacja z zakresu cybernetyki biologicznej, więc nieco różni się swoją zawartością od poprzednio wymienionych. Jak również we wstępie, sam autor, zwraca uwagę na nieco inne podejście do tematyki sieci neuronowych. Mianowicie, stara się unikać przeładowania treści publikacji wzorami matematycznymi, zamiast tego starając się ilustrować omawiane treści. Co nie zmienia ostatecznego zamiaru – umożliwienia czytelnikowi wykorzystania sieci neuronowych w zastosowaniach praktycznych. Zmienia się jedynie sposób prezentacji, nieraz ułatwiający zrozumienie omawianych problemów. Następnym źródłem do którego chciałbym się odnieść w mojej pracy jest wspólna publikacja dwóch profesorów – Bena Kröse'a oraz Patricka van der Smagta pod tytułem "An introduction to Neural Networks" (Wprowadzenie do sieci neuronowych) [3]. Tym razem również, na wstępie mamy do czynienia z odniesieniami do historii dziedziny, która to analiza pozwala nie tylko na zrozumienie podstaw na początkowo prostych problemach, ale także dostrzec ogólny kierunek dalszego rozwoju. W kontekście mojej pracy istotne mogą być szeroko opisane tutaj własności sieci, takie jak: zdolność do adaptacji, generalizacji czy klastrowania przetwarzanych danych. Pojawia się też próba wskazania zbieżności z modelami biologicznymi, jednak dotychczasowe rozwiązania wciąż są uznawane za w dużym stopniu uproszczone. Stąd też autorzy ostatecznie uznają sieci neuronowe jak odseparowany i alternatywny model obliczeniowy. Kolejną książką do której chciałbym się odwołać jest "Neural Networks. A systematic introduction" (Sieci neuronowe. Systematyczne wprowadzenie), autorstwa prof. Raúla Rojasa [9]. Jest ona w dużym stopniu niejako zbiorem treści prezentowanych na wykładach Uniwersytetów w Berlinie oraz Halle. Szczególny nacisk został położony na proces systematycznego rozwoju teorii sieci neuronowych, ukazany za pomocą licznych przykładów. Szczególnej uwadze zamierzam poddać fragmenty dotyczące geometrycznej interpretacji nauki perceptronu, algorytmu propagacji wstecznej (zwięźle przedstawione niejednokrotnie w sposób graficzny) oraz innych możliwych do zastosowania algorytmów. Ostatnią publikacją, którą mam na uwadze podczas tworzenia tej pracy, jest manuskrypt autorstwa prof. Davida Kriesela pod tytułem "A brief introduction to Neural Networks" (Krótkie wprowadzenie do sieci neuronowych) [6]. Również w tym przypadku wstępna wersja opierała się na zbiorze wykładów wygłaszanych na jednej z niemieckich uczelni – tym razem Uniwersytetu w Bonn. Sam autor wskazuje na podjęcie próby przedstawienia zagadnień typowych dla sieci neuronowych, w sposób przystępny także dla osób stawiający swoje pierwsze kroki w tej tematyce. Dla mnie szczególnie istotne będą fragmenty dotyczące samego procesu nauki, tworzenia i zarządzania zbiorami danych czy również parametryzacji – podstawy do otrzymania satysfakcjonujących wyników. Liczne, pojawiające się w przeglądzie literatury terminy, mogą być na tym etapie niezrozumiałe dla czytelnika, jednak ich wykorzystanie było niezbędne do zaprezentowania powyższych źródeł. Ich przybliżenie odbędzie się w kolejnych fragmentach pracy.

1.3 Układ pracy

W dalszej części pracy pojawią się następujące rozdziały:

- **Rozdział 2:** Część teoretyczna
Zawiera wprowadzenie teoretyczne do poruszanych w pracy tematów.
 - **Podrozdział 2.1:** Wprowadzenie do tematyki sieci neuronowych
 - **Podrozdział 2.2:** Wykorzystywane operacje graficzne
- **Rozdział 3:** Technologie i narzędzia
Opisuje technologie i narzędzia wykorzystane w procesie tworzenia aplikacji jako podłoża dla części badawczej pracy.
- **Rozdział 4:** Wyniki badań eksperymentalnych
Przedstawia opis stworzonych aplikacji oraz wyniki badań na nich opartych.
- **Rozdział 5:** Podsumowanie i wnioski
Podsumowuje uzyskane wyniki oraz płynące z nich wnioski.
- **Dodatek A:** Płyta CD
Zawiera płytę CD z aplikacjami stworzonymi w ramach pracy.

Rozdział 2

Część teoretyczna

Rozdział ten, ma na celu przedstawienie podstaw teoretycznych podjętej tematyki, wykorzystanych dalej w części badawczej. Szczególny nacisk położony będzie na ostatecznym określeniu formuł matematycznych, które zostaną zaimplementowane w poszczególnych aplikacjach. Niemniej jednak pojawiać się będą również obszerne opisy na podstawie zgromadzonej literatury tematu, co ma ostatecznie pozwolić na zgłębienie tematyki w stopniu pozwalającym na analizę otrzymanych wyników.

2.1 Wprowadzenie do tematyki sieci neuronowych

Badania w dziedzinie sieci neuronowych zapoczątkowane zostały przez parę naukowców – Warrena S. McCullocha oraz Waltera Pittsa, którzy to w roku 1943 wydali publikację opisującą uproszczony model matematyczny neuronu [13]. Przy tej okazji, podjęli próbę zrozumienia w jaki sposób ludzki mózg, używając tych prostych komórek, jest w stanie rozwiązywać tak złożone problemy. Wskazywali tutaj na specyfikę połączeń pomiędzy neuronami, ostatecznie tworzącą – sieć neuronową. Kolejnym istotnym krokiem na drodze rozwoju sieci neuronowych było stworzenie modelu perceptronu w roku 1957 przez Franka Rosenblatta [10]. Początkowo powstał jedynie w postaci algorytmu uruchamianego na komputerze IBM 704, jednak później model został przeniesiony na specjalnie do tego celu zaprojektowane urządzenie nazwane – ”Mark 1 perceptron”. Maszyna ta docelowo miała przeprowadzać rozpoznawanie obrazu korzystając z matrycy 400 fotokomórek, losowo połączonych z neuronami. Dostrajanie tego urządzenia odbywało się za pomocą potencjometrów, które były z kolei ustawiane przez niewielkie silniki elektryczne. Jednak od tamtego czasu wiele się zmieniło i takie podejście nie jest już praktykowane – sieci neuronowe wróciły do sfery oprogramowania i nie stanowią już osobnych maszyn. Zadaniem perceptronu było przeprowadzenie procesu uczenia, a następnie dokonanie rozpoznania znaków alfanumerycznych. Jednak jego działanie nie było zupełnie zadowalające. Co prawda układ był w stanie rozpoznawać znaki, ale miał znaczne problemy z bardziej złożonymi znakami. Już w tamtym okresie stwierdzono jak ważną własnością sieci neuronowej jest jej zdolność do równoległego przetwarzania informacji, zupełnie nieznanego dla ówczesnych komputerów. Za

istotną uznano również możliwość rozwiązywania nowych, aczkolwiek podobnych, problemów bez konieczności modyfikacji kodu implementacji. Nie bez znaczenia pozostał też fakt, że w przypadku uszkodzenia części elementów, sieć była w stanie działać poprawnie. Również znany w kręgach prekursorów informatyki – John von Neumann – miał wpływ na kierunek rozwoju sieci neuronowych. Jako jeden z twórców architektury przetwarzania sekwencyjnego, zaproponował w roku 1966 model obliczeniowy nazwany ”cellular automata” [5]. Główną nowością w tym modelu była możliwość współbieżnego procesowania danych, co miało znacząco wpłynąć na wydajność przeprowadzanych operacji. Jednak przed twórcami stały w związku z tym liczne wyzwania, takie jak komunikacja i synchronizacja pomiędzy wykorzystywanymi elementami modelu. Kolejne wątpliwości zostały wskazane w publikacji wydanej w roku 1969 przez Marviną Minsky’ego oraz Seymoura Paperta [7]. Autorzy przedstawili problem operatora alternatywy wykluczającej (XOR), który przy użyciu ówczesnych sieci jednowarstwowych nie mógł być poprawnie rozwiązany. Pojawiło się z innej strony jeszcze kilka innych ograniczeń i pesymistycznych przewidywań, co odbiło się sporym echem wśród badaczy sieci neuronowych. Ponadto wywołało to zastój w dalszych badaniach na okres około 10 lat. Niemniej jednak, dowody na mylność założeń autorów w końcu ujrzały światło dzienne i nadszedł okres kolejnych odkryć w tej dziedzinie. W późniejszym okresie rozwój dziedziny doprowadził do powstania olbrzymiej ilości publikacji, których analiza nie jest tak niezbędna jak wskazanie wyżej opisanych prekursorów z dziedziny sieci neuronowych. Osoby zainteresowane szerszym opisem historii sieci neuronowych mogą się odnieść do książki R. Tadeusiewicza [12].

2.1.1 Podstawy biologiczne

2.1.2 Architektury sieci

Sieci jednokierunkowe

Sieci liniowe

Sieci nieliniowe

Sieci samoorganizujące się

2.1.3 Algorytmy nauki

Algorytmy nauki perceptronu

Propagacja wsteczna

Algorytmy gradientowe

Algorytmy nauki sieci samoorganizującej się

Algorytm Kohonena

Algorytm gazu neuronowego

2.2 Wykorzystywane operacje graficzne

Rozdział 3

Technologie i narzędzia

W tym rozdziale należy krótko opisać technologie oraz narzędzie wykorzystane w pracy.

3.1 Język programowania

Uzasadnić wybór języka programowania

3.2 Oprogramowanie

Opisać oprogramowanie wykorzystane przy realizacji pracy. Poniższy podział na podrozdziały należy oczywiście odpowiednio dostosować.

3.2.1 Środowisko programistyczne

3.2.2 Wykorzystane biblioteki

3.2.3 Serwer bazy danych

3.3 Sprzęt

3.4 Techniki i metodologie programistyczne

Wymienić techniki programistyczne wykorzystane przy tworzeniu pracy, np. TDD, wzorce projektowe.

3.5 ...

Jeśli wykorzystano inne zewnętrzne technologie, bazy danych (np. obrazów) itd. niemieszczące się do żadnego z powyższych podpunktów należy utworzyć dodatkowe podrozdziały.

Rozdział 4

Wyniki badań eksperymentalnych

Ten rozdział zawiera opis wyników uzyskanych w ramach pracy. Jeśli praca miała cel badawczy należy skupić się na opisie przeprowadzonych eksperymentów oraz prezentacji i analizie uzyskanych wyników. Jeśli praca nie miała na celu uzyskania nowatorskich wyników, należy skupić się na opisie architektury stworzonej aplikacji. W obu przypadkach podstawowym celem tego rozdziału jest realizacja celów postawionych w rozdziale 1.1. Rozdział ten ma bezspornie pokazywać, że cele pracy zostały zrealizowane

Rozdział 5

Podsumowanie i wnioski

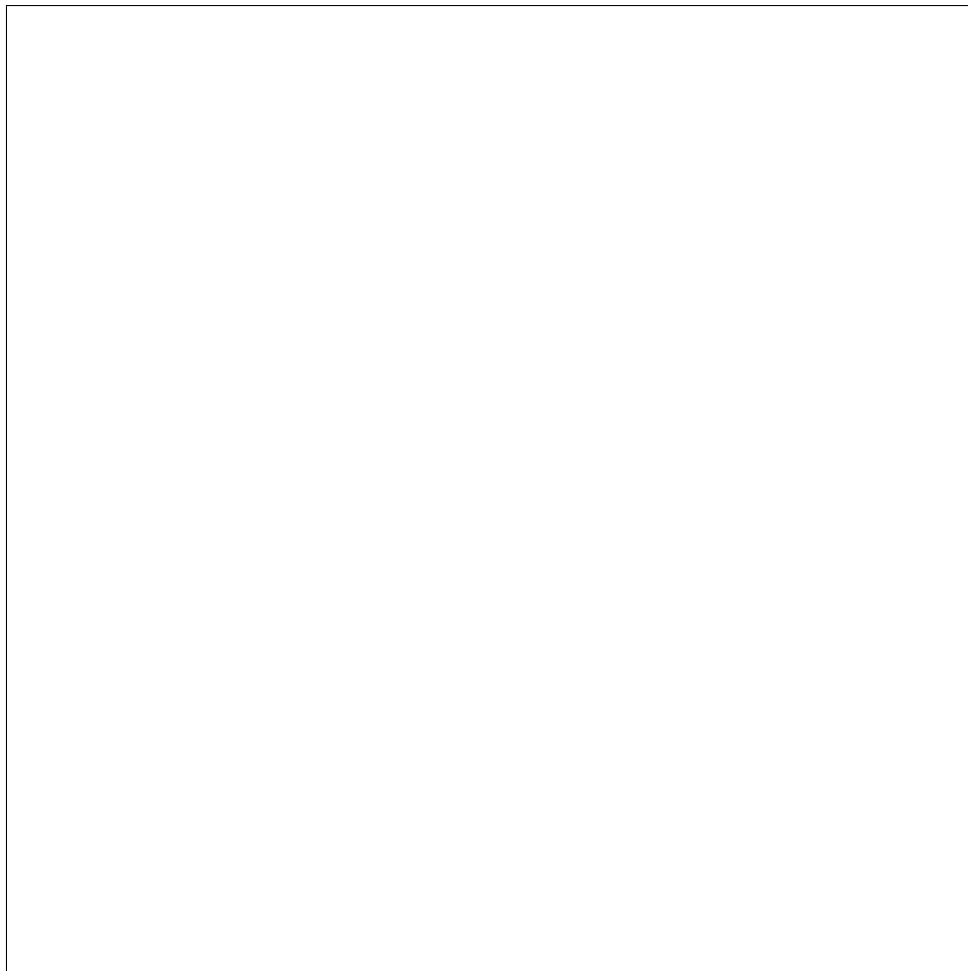
Podsumowanie jest, obok Wstępu, najważniejszym rozdziałem pracy. Należy tutaj jeszcze raz podsumować wykonane prace. Szczególny nacisk należy położyć na wkład własny autora i uzyskane oryginalne rezultaty. Należy odwołać się do celów pracy z rozdziału 1.1 – można je powtórzyć – i jasno wskazać, że zostały one zrealizowane (należy powołać się na wyniki z rozdziału 4). Wyniki należy podsumować zwięźle i precyzyjnie, np. *uzyskano przyspieszenie algorytmu o $X\%$..., skrócono czas o ...* itd. **Należy wskazać perspektywy dalszych badań.**

Bibliografia

- [1] Dokumentacja java. <http://docs.oracle.com/javase/7/docs/>.
- [2] Środowisko android. <http://developer.android.com/>.
- [3] P. van der Smagt B. Krose. An introduction to neural networks. University of Amsterdam, 1996.
- [4] H. Cruse. Neural networks as cybernetic systems. <http://www.brains-minds-media.org/archive/bmm615>, 2006.
- [5] A. W. Burks J. von Neumann. Theory of self-reproducing automata. Urbana, University of Illinois Press, 1966.
- [6] D. Kriesel. A brief introduction to neural networks. http://www.dkriesel.com/_media/science/neuronaleetze-en-zeta2-2col-dkrieselcom.pdf, 2007.
- [7] S. Papert M. Minsky. Perceptrons: an introduction to computational geometry. The MIT Press, Cambridge MA, 1969.
- [8] S. Osowski. Sieci neuronowe do przetwarzania informacji. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2006.
- [9] R. Rojas. Neural networks. a systematic introduction. http://www.inf.fu-berlin.de/inst/ag-ki/rojas_home/documents/1996/NeuralNetworks/neuron.pdf, 1996.
- [10] F. Rosenblatt. The perceptron – a perceiving and recognizing automaton. Report 85-460-1, Cornell Aeronautical Laboratory, 1957.
- [11] F. Y. Shih. Image processing and pattern recognition. fundamentals and techiques. John Wiley & Sons Inc., 2010.
- [12] R. Tadeusiewicz. Sieci neuronowe. <http://winntbg.bg.agh.edu.pl/skrypty/0001/0001.pdf>, 1993.
- [13] W. H. Pitts W. S. McCulloch. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. Bulletin of Mathematical Biophysics, Vol. 5, 1943, p. 115-133, 1943.

Dodatek A

Płyta CD



Do pracy należy dołączyć podpisaną płytę CD w papierowej kopercie. Poniżej należy zamieścić opis zawartości katalogów.

Zawartość katalogów na płycie:

dat : pliki z danymi wykorzystane w trakcie badań

db : Zrzut bazy danych potrzebnej do działania aplikacji

dist : dystrybucyjna wersja aplikacji przeznaczona do uruchamiania

doc : elektroniczna wersja pracy magisterskiej oraz dwie prezentacje wygłoszone podczas seminarium dyplomowego

ext : ten katalog powinien zawierać ewentualne aplikacje dodatkowe potrzebne do uruchomienia stworzonej aplikacji, np. środowisko Java, PostgreSQL itp.

src : kod źródłowy aplikacji (projekt środowiska Eclipse / Netbeans / Qt Creator / ...)

Oczywiście nie wszystkie powyższe katalogi są wymagane, np. dat, db albo ext mogą być niepotrzebne.