

**POLITECHNIKA WARSZAWSKA**  
**Wydział Administracji i Nauk Społecznych**



**SZTUCZNA INTELIGENCJA W SYSTEMACH OBRONNYCH**  
Artificial Intelligence in defense system

*Natalia Wróblewska*  
263306

Praca dyplomowa *licencjacka*  
napisana pod kierownictwem naukowym  
*doktora inżyniera Pawła Stacewicza*

Warszawa 2016

## Rozdział 3. Systemy eksperckie i sieci neuronowe

### 3.2. Sztuczne sieci neuronowe – struktura i właściwości

W drugiej części rozdziału rozwinę temat konekcyjnych technik przetwarzania danych, które stanowią podstawę działania sztucznych sieci neuronowych.

Sztuczne sieci neuronowe (w skrócie: SSN) są to układy obliczeniowe, złożone z połączonych ze sobą identycznych jednostek obliczeniowych, nazywanych sztucznymi neuronami, które nie tylko przetwarzają docierające do nich sygnały i przekazują je innym neuronom, ale także są w stanie zmieniać swoje wewnętrzne parametry (zapewniając całemu układowi zdolność do uczenia się). Idea SSN wywodzi się z elementarnych obserwacji mózgow istot żywych. Sieci neuropodobne przypominają mózg pod następującymi względami<sup>1</sup>:

- informacje są pozyskiwane przez sieć ze środowiska w toku uczenia się,
- do utrwalania uzyskanej wiedzy są stosowane wagi połączeń między sztucznymi neuronami,
- w trakcie uczenia się wagi te ulegają zmianom,
- sygnał jest przetwarzany wewnątrz sieci równoległe, to znaczy przez wiele sztucznych neuronów jednocześnie.

Główna różnica między SSN a zwykłymi algorytmami polega na umiejętności uogólniania informacji na podstawie przykładów (zdolność generalizacji) i stosowania wiedzy uogólnionej w nie napotkanych dotychczas sytuacjach (nie eksponowanych podczas nauki).

Ponieważ wewnątrz SSN wiele operacji jest realizowanych jednocześnie, są one w stanie wielokrotnie przewyższyć szybkość tradycyjnych komputerów (które działają sekwencyjnie). Zjawisko równoczesnego przeprowadzania wielu procedur nazywa się *zmasowaną równoległością obliczeń*.

Ze względu na zdolność do uczenia się SSN nie są ograniczone dziedziną, ponieważ osoba obsługująca dane oprogramowanie może wskazać przykłady z zupełnie innego zakresu niż dotychczasowy, a system nauczy się nowych reguł, które wcześniej nie były wykorzystywane. Pomimo powyższej własności istnieją pewne typowe obszary zastosowań

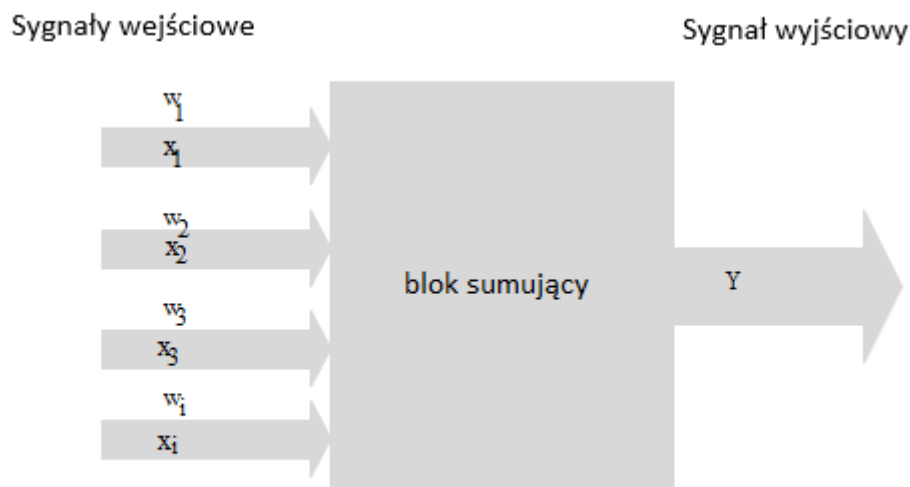
---

<sup>1</sup> R. Tadeusiewicz, *Odkrywanie właściwości sieci neuronowych przy użyciu programów w języku C#*, Polska Akademia Umiejętności, Kraków 2007, s. 29-34.

SSN<sup>2</sup>, do których niewątpliwie należą: rozpoznawanie obiektów<sup>3</sup> (np. liter pisanych odręcznie), prognozowanie (np. danych ekonomicznych) i sterowanie (np. pojazdami w rzeczywistym środowisku).

Jeśli chodzi o zadania, w których SSN nie znajdują efektywnych zastosowań, to są to typowe zadania logiczno-rachunkowe, w których ważna jest precyzja obliczeń. W przeciwieństwie do konwencjonalnych komputerów są słabymi maszynami matematycznymi i słabo nadają się do typowego przetwarzania opartego o algorytmy. SSN stosują przybliżenia i nigdy nie podają pełnych wyników. Przykładowymi programami, w których nie stosuje się SSN są edytory tekstu, takie jak znany nam wszystkim *Microsoft Office*. Innym aspektem przemawiającym za bezużytecznością sztucznych sieci w wielu gałęziach nauki jest brak umiejętności złożonego, wielofazowego rozumowania.

Po dokonanej wyżej ogólnej charakterystyce SSN omówię teraz pewne kwestie szczegółowe, związane z budową sztucznych neuronów oraz sposobem działania niektórych sieci.



Rys. 3.3. Uproszczony schemat sztucznego neuronu

Na powyższym rysunku przedstawiono schemat typowego sztucznego neuronu, do którego dochodzą pewne sygnały wejściowe  $x_i$  o wagach  $w_i$ , który generuje jeden (przekazywany innym neuronom) sygnał wyjściowy  $Y$ .

<sup>2</sup> R. Tadeusiewicz, *Sieci Neuronowe*, Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa 1991, s. 13-15.

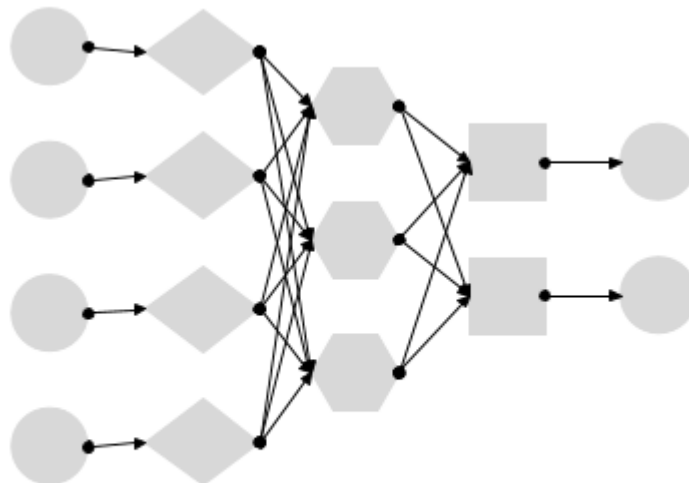
<sup>3</sup> Jednym z najpowszechniejszych zastosowań SSN w obszarze rozpoznawania obiektów jest rozpoznawanie twarzy przez aparaty cyfrowe.

Układ taki stanowi odpowiednik neuronu biologicznego. Wejścia odpowiadają naturalnym dendrytom, a sygnały  $x_i$  – wielkościom impulsów dochodzących do dendrytów. Wagi to informatyczne zamienniki modyfikacji wykonywanych na bodźcach przez synapsy. Blok sumujący stanowi analog jądra komórki nerwowej, blok aktywacji – wznórek aksonu, zaś sygnał wyjściowy odpowiada sygnałowi emitowanemu przez akson.

Wagi synaptyczne ( $w_i$  na rys. 3.3.) służą neuronowi do nauki i komunikacji przez połączenia synaptyczne. Wagi decydują o sile docierających do neuronu sygnałów. Wagi mogą przyjmować wartości dodatnie (połączenie wzmacniające), ujemne (połączenie hamujące) oraz zerowe (brak połączenia). Sygnały wejściowe pomnożone przez odpowiednie wagi sumują się, tworząc *potencjał wyjściowy neuronu*. Neuron w niektórych wypadkach do sygnału wyjściowego dodaje próg. Przez obecność progu podczas uczenia się neuron dodatkowo kształtuje swoje parametry.

W rozbudowanych sieciach sygnał wychodzący z neuronu obliczany jest za pomocą specjalnej funkcji (jak np. tangens hiperboliczny) działającej na potencjał wyjściowy.

Opisane wyżej sztuczne elementy są ze sobą łączone w określonego typu sieć i dopiero w takiej postaci mogą realizować powierzone im zadania. Przykładowy schemat sieci wielowarstwowej przedstawiono na rysunku poniżej (kolejne warstwy reprezentują kolejne kolumny neuronów, od lewej do prawej).



Rys. 3.4. Uproszczony schemat sieci neuronowej

W literaturze przedmiotu opisano bardzo wiele rodzajów sieci, najczęściej omawianymi kryteriami ich podziału są struktura wewnętrzna i stosowana metoda uczenia

się. Ze względu na obszerność tematu w tym miejscu szerzej omówię jedynie struktury dwóch typów sieci neuronowych:

- *sieci jednokierunkowych,*
- *sieci rekurencyjnych.*



Rys. 3.5. Przykładowe sieci jednokierunkowa i rekurencyjna typu Hopfielda

*Sieć jednokierunkowa*<sup>4</sup> (zwana też siecią typu *feedforward*) posiada połączenia przebiegające zawsze od warstwy niższej do wyższej, działające jednokierunkowo, co oznacza, że sygnał jest przesyłany tylko w jednym kierunku (rys. 3.5.). Wyjścia wszystkich neuronów danej warstwy są przekazywane do neuronów warstwy kolejnej, a więc nie ma w takim układzie sprzężenia zwrotnego.

Kolejnym typem sieci neuronowych, z jakimi możemy się spotkać, są *sieci rekurencyjne*<sup>5</sup>, mające, najprościej ujmując, sztuczne neurony działające w obie strony. W sieciach rekurencyjnych istnieją sprzężenia zwrotne między wejściem a wyjściem. Przy masowym sprzężeniu zwrotnym pobudzaniem dla neuronów są sygnały wejściowe innych neuronów. Taki podstawowy model sieci neuronowych zaprezentowany został w 1982 roku przez Johna Hopfielda<sup>6</sup> na przykładzie standardowego zadania – pamięci asocjacyjnej (rys. 3.5.). Pamięć taka pozwala odtwarzać wzorce uprzednio wprowadzone na podstawie podobieństwa. *Sieć Hopfielda* daje możliwość rekonstrukcji i rozpoznawania wcześniej zapamiętanych wzorców na podstawie skojarzeń, bazując na dostępnym fragmencie wzorca lub wzorca podobnego do niego.

<sup>4</sup> R. Tadeusiewicz, *Odkrywanie...*, dz. cyt., s. 84-86.

<sup>5</sup> Tamże, s. 377-378.

<sup>6</sup> Tamże, s. 392.

Wyższość pierwszego typu sieci nad drugim polega na możliwości śledzenia i kontroli przebiegających procesów.

Na zakończenie rozdziału zajmę się omówieniem kluczowej cechy SSN jaką jest *uczenie się*. Zaprezentuję dwie podstawowe reguły uczenia się:

- regułę Delta (uczenie się z nauczycielem)
- regułę Hebba (uczenie się bez nauczyciela, zwane samouczeniem się).

Pierwsze zagadnienie zaprezentuję na podstawie wielowarstwowej sieci, jaką jest *perceptron*. Do uczenia sieci neuronowej wykorzystywany jest zbiór uczący, czyli informacje, z których sieć się uczy. Najczęściej są to dane, które nie są przypadkowymi informacjami, a ściśle wiążą się z późniejszym wykorzystaniem sieci. Pierwszą fazę procesu uczenia się stanowi losowe przypisanie wagom połączeń liczb z przedziału  $(-1,1)$ . Dalej następuje wprowadzenie sygnału reprezentującego sygnały wzorcowe na wejście sieci, następnie na kolejne warstwy, ostatecznie jest rejestrowany stan neuronów warstwy końcowej. Stan ten jest porównywany z wymaganą reakcją sieci, czyli z odpowiedzią wzorcową podaną przez nauczyciela w ciągu uczącym. Różnica między osiągniętym stanem neuronów a oczekiwanym stanowi podstawę do modyfikacji wag połączeń, ewentualnie progu.

Istotą *reguły delta*<sup>7</sup> jest to, że każdy neuron po otrzymaniu na wejściu określonego sygnału wyznacza sygnał wyjściowy, wykorzystując posiadaną wiedzę, którą stanowią wcześniej ustalone wagi wszystkich wejść oraz progu. Wartość sygnału wyjściowego porównywana jest z odpowiedzią wzorcową podaną przez nauczyciela w ciągu uczącym. W przypadku rozbieżności neuron wyznacza różnicę między sygnałem wyjściowym a wartością sygnału, która według nauczyciela jest prawidłowa. Sygnał błędu – delta – wykorzystywany jest do korygowania wag i progu. Wytrenowana sieć sama przerywa proces uczenia, gdy małe błędy powodują minimalne korekty wag. Istnieją odpowiednio zaprojektowane sieci, które korzystają z *samouczenia*. *Reguła Hebba*<sup>8</sup> jest jedną z najpopularniejszych metod samouczenia się sieci neuronowych. Polega ona na tym, że sieci podaje się tylko kolejne przykłady sygnałów wejściowych, na podstawie których tworzy ona reguły i ustala zależności. Sieć sukcesywnie odkrywa, jakie jest znaczenie sygnałów i ustala zachodzące między nimi zależności.

Obserwując proces samouczenia się, można powiedzieć, że w wyniku permanentnego stosowania opisanego algorytmu początkowe inklinacje neuronów ulegają intensyfikacji.

---

<sup>7</sup> Tamże, s. 31-33.

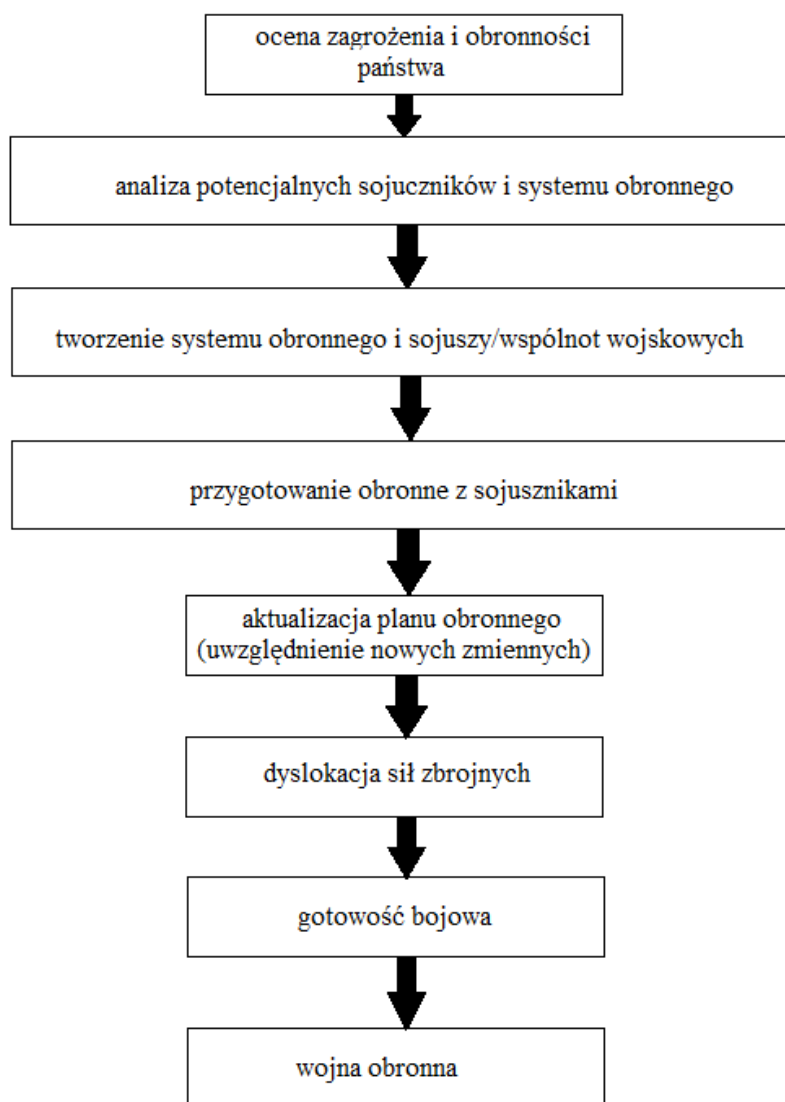
<sup>8</sup> Tamże, s. 120-125.

Metoda ta jest zwykle znacznie wolniejsza od częściej stosowanego uczenia się z nauczycielem.

## Rozdział 4. Wybrane zastosowania sztucznej inteligencji w obronności

**Obronność** według słownika języka polskiego<sup>9</sup> to „przystosowanie do obrony, zaopatrzenie w środki stanowiące obronę przed napaścią; warowność, zbrojność”.

Kluczowym aspektem obronności państwa są siły zbrojne, których elementarnym celem jest zapewnienie bezpieczeństwa przed zewnętrznym zagrożeniem państwa.



Rys. 4.1. Etapy tworzenia systemu obronnego (na podstawie książki *Wojskowe Systemy Obronne*)

<sup>9</sup> Internetowy słownik języka polskiego, <http://sjp.pwn.pl/doroszewski/obronnosc;5462055.html> (dostęp: 02.06.2016).



Na stworzenie systemu obronnego składa się 7 bądź 8 etapów (rys. 4.1.). Ilość faz uzależniona jest od przynależności danego państwa do organizacji militarnej, takiej jak NATO lub OUBZ<sup>10</sup>. Od zarania dziejów, odkąd ludzie toczyli między sobą boje, dowódcy armii marzyli o idealnie wyszkolonych żołnierzach, perfekcyjnie wykonujących powierzone im zadania. Dzięki postępowi informatyki i robotyki powstały warunki technologiczne ku temu, by systemy SI stały się nowym elementem pola walki.

Sztuczna inteligencja, jak zostało to wspomniane w rozdziale 1, po raz pierwszy wykorzystana została w zastosowaniu bojowym podczas *Operacji Pustynna Burza* w czasie I Wojny w Zatoce Perskiej. Konflikt ten pozwolił na wypróbowanie w warunkach rzeczywistych działań militarnych wielu skonstruowanych dotychczas automatycznych urządzeń.

Zjawisko pojawienia się SI w obronności wiąże się z automatyzacją<sup>11</sup> armii, wynikającą z potrzeb i uwarunkowań do stosowania informatycznych osiągnięć w siłach zbrojnych.

Impulsy do konstruowania inteligentnych maszyn wojskowych można sprowadzić do poniższych kategorii oczekiwań współczesnego pola walki<sup>12</sup>:

- precyzja – maszyna ma szerokie spektrum postrzegania otoczenia, większy zasięg widzenia, system wykona zadanie dokładnie, bez technicznych pomyłek;
- czas wykonania zadania – powierzone im misje komputery wykonują w optymalnym czasie realizacji, w polu bitewnym czas reakcji ma kluczowe znaczenie;
- wytrzymałość – maszyny potrafią działać w warunkach, w których człowiek nie jest w stanie przetrwać, nie są wrażliwe na zmiany otoczenia, na zmęczenie, automatom nie jest potrzebny odpoczynek,
- brak podatności na stres;
- brak niepotrzebnego ryzyka śmierci żołnierzy – omówiona wyżej przyczyna wiąże się bezpośrednio z tym punktem. Możliwość pracy w ekstremalnym obszarze działania eliminuje narażanie życia ludzkiego. Jest to ważny powód nie tylko ze względów etycznych, ale również ekonomicznych; wyszkolenie żołnierza jest dla

---

<sup>10</sup> Pełną polską nazwą jest Organizacja Układu o Bezpieczeństwie Zbiorowym.

<sup>11</sup> Automatyzacja - wprowadzenie do produkcji, transportu, pracy biurowej itp. urządzeń automatycznych [internetowy słownik języka polskiego PWN (hasło: automatyzacja), <http://sjp.pwn.pl/slowniki/automatyzacja.html> (dostęp:02.06.2016) ]

<sup>12</sup> Z. Świątnicki, *Wojskowe Systemy Eksperckie*, Bellona, Warszawa 1995, s. 12.

wojska kosztownym procesem, dlatego nie należy nadmiernie ryzykować straty członków jednostki.

Metody sztucznej inteligencji znajdują liczne wojskowe zastosowania. Systemy wspomaganie decyzji, usprawniając procesy związane z planistyką działań zbrojnych, odgrywają we współczesnym wojsku bardzo ważną rolę.

Zadania realizowane przez wojskowe systemy wykorzystujące techniki sztucznej inteligencji są następujące<sup>13</sup>:

- interpretacja – analiza danych napływających z pola walki,
- diagnozowanie – poszukiwanie defektów w działaniach,
- monitorowanie – obserwacja i interpretacja sygnałów pochodzących z pola walki,
- predykcja – przewidywanie biegu wydarzeń,
- planowanie – opracowywanie czynności niezbędnych do osiągnięcia celu,
- robotyzacja pola walki – wykorzystanie maszyn do szczególnie niebezpiecznych zadań.

Przez stosowanie nowoczesnych technologii wojsko zmierza do wyeliminowania tragicznych „cywilnych” skutków działań militarnych, tak aby makabryczne doświadczenia wojenne nigdy nie były już udziałem cywili (przykładem może być Warszawa doszczętnie zniszczona w czasie II Wojny Światowej).

## **4.2. Sztuczne sieci neuronowe w zastosowaniu bojowym<sup>14</sup>**

Sztuczne sieci neuronowe stanowią jedno z najistotniejszych narzędzi wojskowych, podejmujących czynności zbliżone do ludzkiego rozumowania przy zredukowanym czasie w stosunku do działań człowieka<sup>15</sup>.

Realne sztuczne sieci neuronowe, rozumiane jako fizyczne układy elektroniczne, są oparte na technologiach<sup>16</sup>:

- analogowych,
- cyfrowych,
- optoelektronicznych (dane są przesyłane za pomocą wiązek światła).

---

<sup>13</sup> W. Miszczalski, Z. Świątnicki, R. Wantoch-Rekowski, *Inteligentne Roboty Wojskowe*, Wydawnictwo Bellona, Warszawa 2001, s.11 – 39.

<sup>14</sup> Informacje w poniższym podrozdziale w większości pochodzą z książki Z. Świątnicki, R. Wantoch-Rekowski, *Sieci neuronowe w zastosowaniach wojskowych*, Wydawnictwo Bellona, Warszawa 1998.

<sup>15</sup> W zastosowaniu wojskowym ważnym aspektem SSN jest, by powierzone zadania realizowane były w jak najkrótszym przedziale czasowym.

<sup>16</sup> Z. Świątnicki, R. Wantoch-Rekowski, *Sieci neuronowe...*, dz. cyt. s. 23.

Przypomnijmy za rozdziałem 3, że sztuczne sieci neuronowe (SSN) nie wymagają programowania, mają zdolność do uogólniania nabywanej wiedzy i wykazują sporą odporność na uszkodzenia – są to niewątpliwe zalety sieci, stanowiące podstawę ich wielorakich zastosowań we wszystkich rodzajach sił zbrojnych.

Przykładowym systemem wykorzystującym SSN jest funkcjonujący w lotnictwie *ALG*<sup>17</sup>. Pełni on rolę wspomagającą dla pilota. Zadaniem tego systemu jest zobrazowanie terenu podczas trudnych warunków pogodowych. Jest to program hybrydowy łączący w sobie *wirtualną rzeczywistość* i SSN. Samoloty z *ALG* są w stanie wylądować na każdym lotnisku na świecie, pod warunkiem, że lotnisko również obsługuje ten program.

Kolejnym programem działającym w siłach powietrznych stosującym SSN jest *ALVINN*<sup>18</sup>. Jest to system kontrolujący lądowanie maszyn powietrznych. Podstawowym zadaniem programu jest utrzymanie właściwego toru lądowania. SSN otrzymuje obraz z kamery oraz pomiary odległości od pasa lądowego. Za ich pomocą kontroluje proces lądowania. Sieć uczy się na podstawie obserwacji pracy pilota oraz aktualnych warunków.

Inny ciekawy system to *HUM*<sup>19</sup>, który pozwala kontrolować stan napędu śmigłowca w czasie rzeczywistym. Podstawowym przeznaczeniem programu jest lokalizacja uszkodzeń wynikających ze zużycia materiału. System *HUM* pracuje na zbiorze uczącym się, złożonym z 1000 przykładów. Margines błędu tego programu jest bliski 0.

Wiele programów wykorzystujących technologię SSN zostało opracowanych na zlecenie amerykańskiej agencji *NASA*<sup>20</sup>. Programy *ASTORS II* oraz *Star Tracker* używane są do kontrolowania lotu statków kosmicznych. SSN w tych programach rozpoznaje gwiazdy i za ich pomocą ustala lokalizację statku.

Oprogramowanie *Division's dVISE* jest stosowane w siłach lądowych do symulacji starć na polu bitwy, w oparciu o przewidywane style walki. Stworzony jest do testów nowych broni. Posługuje się *wirtualną rzeczywistością*. *DdV* to system hybrydowy, łączący technologię SSN z systemami eksperckimi.

W marynarce wojennej jest używany służący do rozpoznawania sygnałów sonarowych system *Submarine Detection*<sup>21</sup>. Sieć rozpoznaje obiekty z dokładnością do

---

<sup>17</sup> *Autonomus Landing Guidance* – pol. Autonomiczne kierowanie lądowaniem.

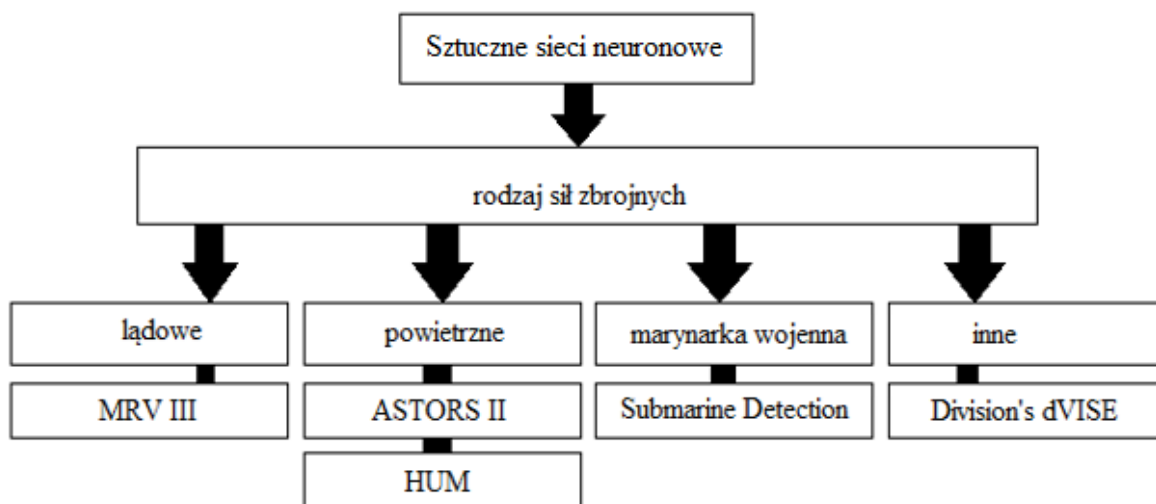
<sup>18</sup> *Automatic Land Vehicle in Neural Network* – pol. Automatyczna maszyna do lądowania ze sztuczną siecią neuronową.

<sup>19</sup> *Health Usage and Monitoring System* – pol. System monitorujący stan techniczny

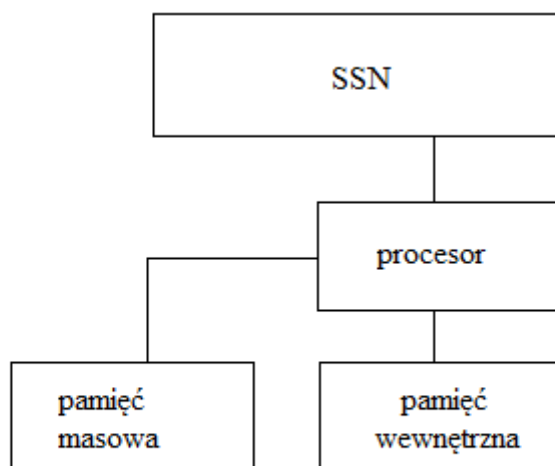
<sup>20</sup> *National Aeronautics and Space Administration* – pol. Narodowa Agencja Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej

<sup>21</sup> System stworzony przez Raytheon Corp.

100% w przypadku okrętów i 95% w przypadku łodzi podwodnych. Analiza sygnałów odbywa się w 4 etapach. Pierwszy to wyeliminowanie szumów, drugi – polega na wyborze przez system kluczowych cech sygnałów, w trzecim – jest realizowana wstępna klasyfikacja obrazu, w czwartym – system wizualizuje otrzymane wyniki.



Rys. 4.4. Przykładowe systemy wykorzystujące SSN (na podstawie książki *Sieci neuronowe w zastosowaniach wojskowych*)



Rys. 4.5 Schemat neurokomputera na podstawie książki *Sieci Neuronowe w zastosowaniach wojskowych*

Ważnym zagadnieniem w zastosowaniach wojskowych jest *neurokomputer*<sup>22</sup>. Jest to system przetwarzający dane, w którym tradycyjne rozwiązania w dziedzinie budowy komputerów łączy się z fizyczną (to znaczy: realną, a nie symulowaną programistycznie) siecią neuropodobną. Dzięki sieci neurokomputer jest w stanie samodzielnie zdobywać część wiedzy niezbędnej do podejmowania decyzji. Rozwiązanie takie ma zminimalizować konieczność programowania czy też pozyskiwania programów dostosowanych do konkretnych celów.

## Bibliografia

### Literatura

1. Artiemjew P., *Wybrane paradygmaty sztucznej inteligencji*, Wydawnictwo PJWSTK, 2013
2. Belda I., *Umysł, maszyny i matematyka: Sztuczna inteligencja i wyzwania, które przed nią stoją*, RBA, Barcelona 2011.
3. Bonifati N., *Sprawność*, „Autoportret: pismo o dobrej przestrzeni” 2014, nr 46, s. 102-106.
4. Dziuba D., *Współczesne tendencje rozwoju informatyki*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 1992.
5. Gontarz A., Kędzierska E., Kosieliński S., Rutkowski P., *Człowiek, maszyna, bezpieczeństwo: systemy inteligentne w zarządzaniu kryzysowym i działaniach militarnych*, Instytut Mikromakro, Warszawa 2013.
6. Kłopotka M., Tchórzewski J. (red.), *Sztuczna Inteligencja: Materiały V Konferencji Naukowej*, Akademia Podlaska, Siedlce 2002.
7. Marciszewski W., *Sztuczna inteligencja*, Znak, Kraków 1998.
8. Marciszewski W., Stacewicz P., *Umysł – Komputer – Świat. O zagadce umysłu z informatycznego punktu widzenia*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2011.
9. Newell A., Shaw C., Simon H., *Report on a General Problem-Solving Program*, Carnegie Institute of technology, Pittsburgh 1958.

---

<sup>22</sup> Z. Świątnicki, R. Wantoch-Rekowski, Sieci neuronowe..., dz. cyt. s. 37.

10. Owoc M., *Elementy systemów ekspertowych część I: Sztuczna inteligencja i systemy ekspertowe*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego, Wrocław 2006.
11. Stacewicz P., *Umysł a modele maszyn uczących się; współczesne badania informatyczne w oczach filozofa*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2010.
12. Różanowski K., *Sztuczna inteligencja: rozwój, szanse i zagrożenia*, „Zeszyty Naukowe: Warszawska Wyższa Szkoła Informatyki”, 2007, s. 109 – 135.
13. Searle J.R., *Umysł, mózg i nauka*, PWN, Warszawa 1995.
14. Tadeusiewicz R., *Sieci Neuonowe*, Akademicka Oficyna Wydawnicza, Warszawa 1993.
15. Tadeusiewicz R., *Odkrywanie właściwości sieci neuronowych przy użyciu programów w języku C#*, Polska Akademia Umiejętności, Kraków 2007.
16. Warwick K., *Artificial Intelligence the basics*, Routledge, Londyn 2012.
17. Werszowiec J., Suwara M., *Sztuczna inteligencja: o niektórych argumentach krytycznych*, „Kognitywistyka i media w edukacji”, nr 1-2, 2003, s. 309 – 322.

### **Ustawy**

1. Biała Księga Bezpieczeństwa Narodowego RP z dnia 24 maja 2013 r.
2. Uchwała Nr 164 Rady Ministrów z dnia 17 września 2013 r. w sprawie ustanowienia programu wieloletniego „Priorytetowe Zadania Modernizacji Technicznej Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej w ramach programów operacyjnych”.

### **Strony Internetowe**

1. [http://futureoflife.org/data/documents/research\\_priorities.pdf](http://futureoflife.org/data/documents/research_priorities.pdf)
2. <http://home.agh.edu.pl/~vlsi/AI/kohot/>
3. <http://observer.com/2015/08/stephen-hawking-elon-musk-and-bill-gates-warn-about-artificial-intelligence/>
4. <http://opencyc.org/>
5. <http://stud.ics.p.lodz.pl/~lesiuz/systemy%20eksperckie/CLP.pdf>
6. <http://www.ai.mit.edu/projects/humanoid-robotics-group/>
7. [http://www.cs.mcgill.ca/~rwest/wikispeedia/wpcd/wp/t/Three\\_Laws\\_of\\_Robotics.htm](http://www.cs.mcgill.ca/~rwest/wikispeedia/wpcd/wp/t/Three_Laws_of_Robotics.htm)
8. <https://www.icrc.org/en/download/file/1707/4221-002-autonomous-weapons-systems-full-report.pdf>
9. <https://www.youtube.com/watch?v=fFLVyWBDTfo>

