

<b>Mata Kuliah (Lecture Name)</b>	:	<b>Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence)</b>
<b>Bobot SKS (Credits)</b>	:	<b>3</b>
<b>Dosen Pengembang Modul (Module Team)</b>	:	<b>Cian Ramadhona Hassolthine, S. Kom. , M. Kom. Ega Dioni Putri, S. T. , M. M. G. (English translation)</b>
<b>Dosen Pengampu (Lecturer for Class IF501)</b>	:	<b>Ega Dioni Putri, S. T. , M. M. G.</b>
<b>Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (Expected Learning Outcomes)</b>	:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mampu menjelaskan konsep dasar Kecerdasan Buatan           <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Student can explain the basic concepts of AI</i></li> </ul> </li> <li>2. Mampu menjelaskan konsep masalah dan penyelesaian masalah           <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Student can explain the concept of problem and problem solving</i></li> </ul> </li> <li>3. Mampu menjelaskan teknik pencarian buta dan pencarian tebimbing           <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Student can explain the concept of blind search (uninformed search) and heuristic search (informed search)</i></li> </ul> </li> <li>4. Mampu memahami cara merepresentasikan pengetahuan           <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Student is able to understand knowledge representation</i></li> </ul> </li> <li>5. Mampu memahami sistem JST (Jaringan Syaraf Tiruan)           <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Student is able to understand artificial neural network</i></li> </ul> </li> <li>6. Mampu memahami algoritma genetika           <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Student is able to understand genetic algorithm</i></li> </ul> </li> <li>7. Mampu memahami metode sistem pakar           <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Student is able to understand expert system</i></li> </ul> </li> <li>8. Mampu menjelaskan konsep penalaran ketidakpastian           <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Student can explain the concept of uncertain reasoning</i></li> </ul> </li> <li>9. Mampu menjelaskan konsep pembelajaran (<i>learning</i>)           <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Student can explain the concept of learning</i></li> </ul> </li> <li>10. Mampu memahami sistem fuzzy           <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Student is able to understand fuzzy system</i></li> </ul> </li> <li>11. Mampu menjelaskan konsep teknik pembangunan game AI           <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Student can explain the concept of AI-based game development technique</i></li> </ul> </li> <li>12. Mampu membuat program sederhana board game           <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Student can build a simple board game</i></li> </ul> </li> <li>13. Mampu membuat perancangan game AI           <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Student is able to design AI-based game</i></li> </ul> </li> <li>14. Mampu menjelaskan konsep genre game berbasis AI           <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Student is able to explain the concept of AI-based game</i></li> </ul> </li> </ol>
<b>Kompetensi Akhir di Tahap Ini (Sub-CPMK) (Outcome of This Session)</b>		Mahasiswa mampu memahami jaringan saraf tiruan <i>Student is be able to understand the concept of neural network</i>
<b>Minggu Perkuliahan Online Ke- (Session)</b>		<b>5</b>

## Jaringan Saraf Tiruan

### A. Pengertian

Jaringan saraf tiruan (*Artificial Neural Network*) merupakan salah satu sistem pemrosesan informasi yang dirancang untuk menirukan cara kerja otak manusia dalam menyelesaikan suatu masalah. JST melakukan proses belajar melalui perubahan bobot sinapsisnya dan mampu melakukan pengenalan kegiatan berbasis data masa lalu. Data tersebut dipelajari oleh JST hingga terbentuk kemampuan untuk memberikan keputusan terhadap data yang belum pernah dipelajari.

Dr. Robert Hecht-Nielsen, seorang penemu salah satu generasi awal *neuro computer*, mendefinisikan sistem saraf buatan sebagai sistem komputasi yang terdiri dari sejumlah elemen pemrosesan sederhana dan saling berhubungan untuk memproses informasi melalui respons keadaan dinamisnya terhadap masukan eksternal.

Sejak ditemukan pertama kali oleh McCulloch dan Pitts, JST berkembang pesat dan banyak digunakan oleh perangkat-perangkat lunak aplikasi. Sebagai sistem yang mampu menirukan perilaku manusia, JST melaksanakan tugas-tugas tertentu dengan pengenalan pola secara efektif (Suyanto, 2013). Beberapa pekerjaan standarnya meliputi:

1. Menyimpan informasi
2. Menggunakan informasi yang dimiliki untuk melakukan pekerjaan dan menarik kesimpulan
3. Beradaptasi dengan keadaan baru
4. Berkommunikasi dengan penggunanya

Keunggulan JST adalah adanya kemampuan untuk belajar dari contoh yang diberikan (disebut *data training*), sedangkan kelemahannya ada pada pelatihan untuk operasional yang membutuhkan waktu lama. Faktor-faktor yang mempengaruhi performa tersebut antara lain:

- Pola-pola antara hubungan “saraf” (neuron) yang disebut *arsitektur jaringan*
- Penentuan bobot penghubung yang disebut *metode training/learning/algoritma*
- Aktivasi yang digunakan

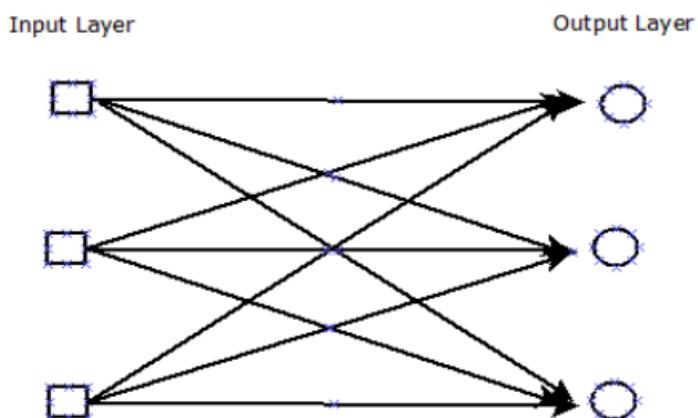
## B. Arsitektur

Jaringan otak manusia tersusun dari banyak neuron yang bercabang membentuk dendrit. Fungsi dendrit adalah sebagai penyampai sinyal dari neuron tersebut ke neuron yang terhubung dengannya. *Nucleus* merupakan inti dari suatu neuron, *axon* berfungsi sebagai saluran keluaran dari *neuron*, dan *synapsis* yang mengatur kekuatan hubungan antar saraf. Jaringan saraf buatan meniru kumpulan grup neuron tersebut dengan lapisan-lapisan berikut:

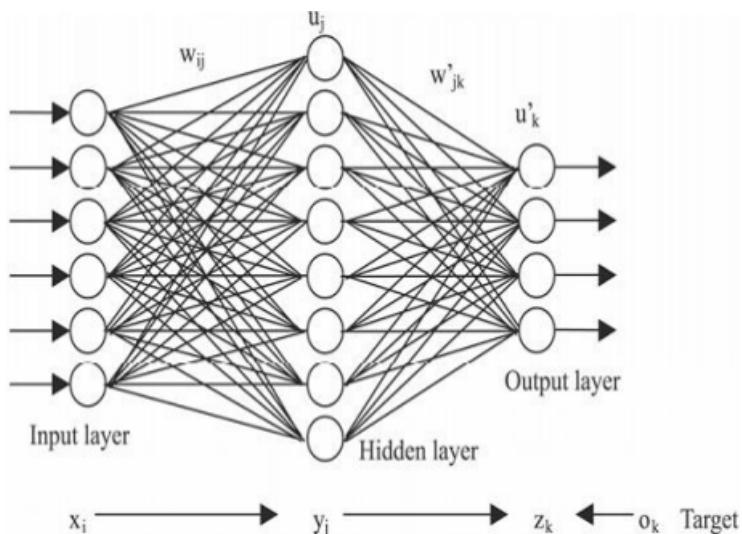
- Lapisan masukan (*input layer*): berfungsi sebagai penghubung jaringan ke dunia luar (sumber data)
- Lapisan tersembunyi (*hidden layer*): suatu jaringan dapat memiliki lebih dari satu *hidden layer* atau bahkan bisa juga tidak memiliki sama sekali
- Lapisan keluaran (*output layer*): prinsip kerja saraf-saraf pada lapisan ini sama dengan prinsip kerja saraf-saraf pada lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan di sini juga digunakan fungsi *sigmoid*, tetapi keluaran dari saraf pada lapisan ini sudah dianggap sebagai hasil dari proses

Berdasarkan jumlah *layer*-nya, arsitektur jaringan JST dapat diklasifikasikan menjadi dua kelas berikut:

- 1) Jaringan *layer* tunggal (*single layer network*): semua unit *input* dalam jaringan ini dihubungkan ke semua unit *output* meskipun dengan bobot yang berbeda-beda



- 2) Jaringan *layer jamak* (*multi layer network*): merupakan perluasan dari *layer* tunggal, memperkenalkan satu atau lebih *layer* tersembunyi (*hidden layer*) yang mempunyai simpul tersembunyi (*hidden nodes*)



Berdasarkan arah sinyal masukan, arsitektur JST dapat diklasifikasikan menjadi dua kelas yang berbeda, yaitu:

1. *Feed forward network* → dalam jaringan umpan maju sinyal
2. *Recurrent network* → memiliki *output neuron* yang memberi sinyal umpan balik kepada unit *input*

Berdasarkan jenis jaringannya, ada tiga jenis JST sebagai berikut:

1. *Single-layer neural network* → memiliki koneksi pada *input*-nya secara langsung ke jaringan *output*
2. *Multilayer perceptron neural network* → mempunyai *layer* yang dinamakan “hidden” di tengah *input layer* dan *output layer*, yang bersifat variabel dan dapat berjumlah lebih dari satu *layer* (bisa berlapis-lapis)
3. *Recurrent neural network* → JST yang memiliki ciri berupa koneksi umpan balik dari *output* ke *input*

JST memiliki keunggulan yang digunakan untuk menyelesaikan tugas atau pekerjaan yang kurang praktis jika dikerjakan secara manual, antara lain:

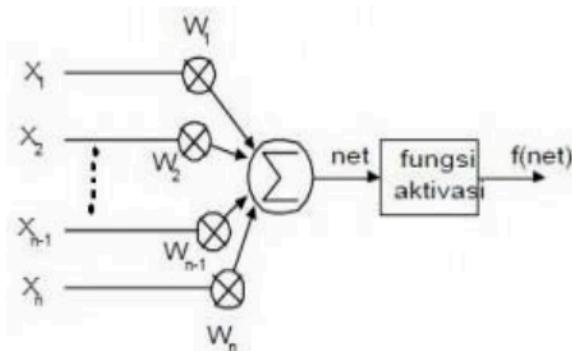
1. Perkiraan fungsi atau analisis regresi, termasuk prediksi *time series* dan *modeling*

2. Klasifikasi, termasuk pengenalan pola dan pengenalan urutan, serta pengambil keputusan dalam pengurutan
3. Pengolahan data, termasuk penyaringan, pengelompokan, dan kompresi
4. Robotik

Secara sederhana, JST juga merupakan sebuah alat pemodelan data statis nonlinier yang dapat digunakan untuk memodelkan hubungan kompleks antara *input* dan *output* untuk mengumpulkan data-data. Sistem JST terdiri oleh beberapa unit pemrosesan yang melakukan akumulasi (penjumlahan) dari masukan bobot dan menghasilkan suatu keluaran dengan fungsi aktivitas tertentu. Sifat jaringan ditentukan oleh topologi jaringan, bobot-bobot interkoneksi. Sebagai sebuah model, JST juga memiliki kemampuan sebagai berikut:

1. Memodelkan transmisi sinyal antara saraf tiruan melalui saluran satu arah yang disebut dengan koneksi. Setiap koneksi masukan hanya berhubungan dengan satu koneksi luaran saraf tiruan lainnya. Setiap koneksi keluaran dapat berhubungan dengan beberapa koneksi masukan saraf tiruan lainnya.
2. Memodelkan pembobotan pada tiap koneksi. Pada sebagian besar tipe JST, nilai bobot koneksi akan dikalikan dengan sinyal-sinyal transmisi
3. Memodelkan fungsi aktivitas saraf tiruan untuk menentukan sinyal tiruan
4. Memodelkan struktur informasi distribusi, artinya setiap pengelolaan informasi disebarluaskan, ada saraf tiruan sekaligus. Setiap saraf tiruan harus memiliki memori lokal dan mampu melakukan pengelolaan informasi secara lokal.

Model metode *neural network* dapat dilihat pada gambar berikut.



Sumber (Sentosa, 2014)

Keterangan: Model neural mempunyai n sinyal masukan, yaitu  $x_1, x_2, \dots, x_n$  dengan  $x \in \{0, 1\}$ . Masing-masing sinyal tersebut kemudian dimodifikasi oleh bobot sinapsis  $w_1, w_2, \dots, w_n$  sehingga sinyal yang masuk ke saraf adalah  $x_i^1 = x_i$ .

Selanjutnya saraf akan menghitung hasil penjumlahan seluruh sinyal masukan yang telah dimodifikasi:

$$\text{net} = X_1 W_1 + X_2 W_2 + \dots + X_n W_n$$

$$\text{net} = \sum_{i=1}^n X_i W_i$$

Fungsi aktivasi yang terdapat dalam saraf tiruan umumnya berupa fungsi non-linier. Fungsi aktivasi ini yang menentukan apakah saraf akan mengalami aktivasi atau tidak. Tingkat aktivasinya diwujudkan dalam suatu nilai ambang (*threshold*). Fungsi aktivasi yang biasanya digunakan adalah fungsi tangga (*step function*), fungsi lereng (*slope function*), dan fungsi sigmoid. Pada model McCulloch-Pitts, fungsi aktivasinya adalah fungsi tangga sehingga:

$$f(\text{net}) = \begin{cases} 1, & \text{jika } \text{net} > 0 \\ 0, & \text{jika } \text{net} < 0 \end{cases}$$

dimana 0 = nilai ambang

JST mampu menggambarkan setiap situasi adanya sebuah hubungan antara variabel predictor (independents, input) dan variabel predicted (dependents, output), ketika hubungan tersebut sangat kompleks dan tidak mudah untuk menjelaskan ke dalam istilah yang umum dari *correlation* atau *differences between groups*. (Santosa, 2014)

### C. Penerapan

- Aerospace : autopilot pesawat terbang, simulasi jalur penerbangan, sistem kendali pesawat, perbaikan autopilot, simulasi komponen pesawat
- Otomotif : sistem kendali otomatis mobil
- Keuangan dan perbankan : pendekripsi uang palsu, evaluator aplikasi kredit, pengidentifikasi pola-pola data pasar saham

- Militer : Pengendali senjata, pendekksi bom, penelusuran target, pembedaan objek, pengendali sensor, sonar, radar, dan pengolahan sinyal citra yang meliputi kompresi data, ekstraksi bagian istimewa, dan penghilangan derau, pengenalan sinyal atau citra.
- Elektronik : Pembuatan perangkat keras yang bisa mengimplementasikan JST secara efisien, machine vision, pengontrol gerakan
- Broadcast : pencarian klip berita melalui pengenalan wajah
- Keamanan : JST digunakan untuk mengenali mobil dan mengenali wajah oknum
- Medis : analisis sel kanker
- Pengenalan suara : pengenalan percakapan, klasifikasi suara
- Pengenalan tulisan : pengenalan tulisan tangan, penerjemahan tulisan ke dalam tulisan latin
- Matematika : alat pemodelan masalah dimana bentuk eksplisit dari hubungan antara variabel-variabel tertentu tidak diketahui
- Pengenalan benda bergerak : selain pola dari citra diam, JST juga bisa digunakan untuk mendekksi citra bergerak dari video seperti citra orang yang bergerak, dll.
- JST digunakan sebagai detektor virus komputer, penginderaan bau, dll

Referensi:

[https://eprints.sinus.ac.id/24/2/061C2017SSI\\_14.4.10043\\_BAB\\_II\(1\).pdf](https://eprints.sinus.ac.id/24/2/061C2017SSI_14.4.10043_BAB_II(1).pdf)

## Artificial Neural Network

### A. Definition

Artificial neural networks (AI) are one of the information processing systems designed to imitate the way the human brain works in solving a problem. AI learns through changes in the weight of its synapses and is able to recognize activities based on the past data. The data is studied by AI until it is able to make decisions on data that has never been studied.

Dr. Robert Hecht-Nielsen, an inventor of one of the early generations of neuro computers, defines an AI as a computing system consisting of a number of simple and interconnected processing elements to process information through its dynamic state response to external input.

Since it was first discovered by McCulloch and Pitts, AI has developed rapidly and is widely used by application software. As a system that is able to imitate human behavior, AI carries out certain tasks with effective pattern recognition (Suyanto, 2013). Some of its standard jobs include:

- Storing information
- Using the information it has to do the job and draw conclusions
- Adapting to new circumstances
- Communicating with the users

The advantage of ANN is the ability to learn from the examples given (called training data), while its weakness lies in the training for operations that takes a long time. Factors that affect this performance include:

- Patterns between "nerve" connections (neurons) called *network architecture*
- Determination of the weight of the connection called the *training/learning/algorithm method*
- Activation used

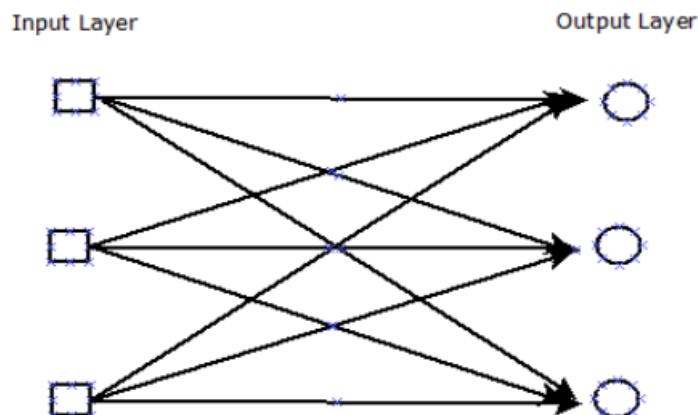
## B. Architecture

The human brain network is composed of many neurons that branch to form dendrites. The function of dendrites is to convey signals from the neuron to the neurons connected to it. The nucleus is the core of a neuron, the axon functions as the output channel of the neuron, and the synapse regulates the strength of the connection between the nerves. Artificial neural networks imitate the collection of neuron groups with the following layers:

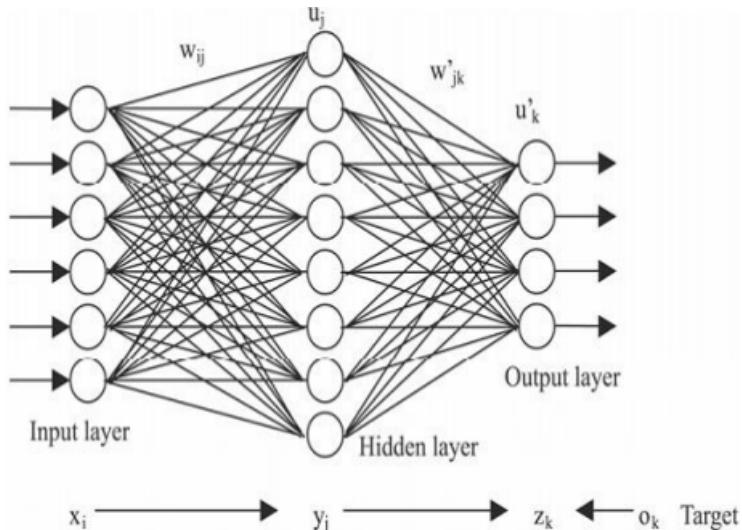
- Input layer: functions as a network connection to the outside world (data source)
- Hidden layer: a network can have more than one hidden layer or even none at all
- Output layer: the working principle of the nerves in this layer is the same as the working principle of the nerves in the hidden layer and here the sigmoid function is also used, but the output of the nerves in this layer is considered as the result of the process

Based on the number of layers, the architecture of the ANN network can be classified into the following two classes:

1. *Single layer network*: all input units in this network are connected to all output units although with different weights



2. *Multi layer network*: is an extension of a single layer, introducing one or more hidden layers that have hidden nodes.



Based on the direction of the input signal, the ANN architecture can be classified into two different classes, namely:

1. Feed forward network → in the signal feedforward network
2. Recurrent network → has output neurons that provide feedback signals to the input unit

Based on the type of network, there are three types of ANN as follows:

1. Single-layer neural network → has a connection on its input directly to the output network
2. Multilayer perceptron neural network → has a layer called "hidden" in the middle of the input layer and output layer, which is variable and can be more than one layer (can be multi-layered)
3. Recurrent neural network → ANN that has the characteristic of a feedback connection from the output to the input

ANN has advantages that are used to complete tasks or jobs that are less practical if done manually, including:

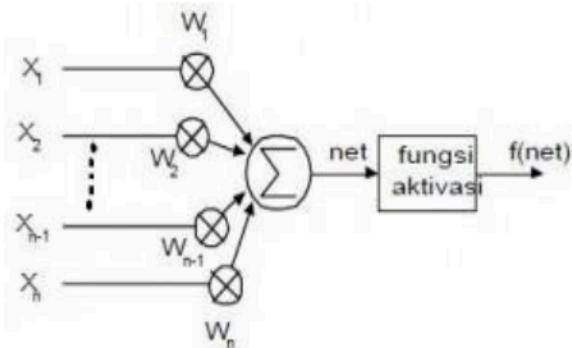
- Function estimation of regression analysis, including time series prediction and modeling
- Classification, including pattern recognition and sequence recognition, and decision making in sorting
- Data processing, including filtering, grouping, and compression

- Robotics

In simple terms, ANN is also a nonlinear static data modeling tool that can be used to model complex relationships between inputs and outputs to collect data. The ANN system consists of several processing units that accumulate (add) the input weights and produce an output with a certain activity function. The nature of the network is determined by the network topology, interconnection weights. As a model, ANN also has the following capabilities:

- Modeling signal transmission between artificial nerves through a one-way channel called a connection. Each input connection is only connected to one other artificial nerve output connection. Each output connection can be connected to several other artificial nerve input connections.
- Modeling the weighting of each connection. In most types of ANN, the connection weight value will be multiplied by the transmission signals
- Modeling the activity function of artificial nerves to determine artificial signals
- Modeling the distribution information structure, meaning that every time information management is distributed, there are artificial nerves at once. Each artificial nerve must have local memory and be able to manage information locally.

The neural network method model can be seen in the following figure.



Sumber (Sentosa, 2014)

Neural model has  $n$  input:  $x_1, x_2, \dots, x_n$  with  $x \in \{0, 1\}$ . Each signal then is modified with synapses' weight  $w_1, w_2, \dots, w_n$  that signal which comes into the neuron is  $x_i^1 = x_i$ .

Next, the neuron will calculate the sum of all the modified input signals:

$$\text{net} = X_1 W_1 + X_2 W_2 + \dots + X_n W_n$$

$$\text{net} = \sum_{i=1}^n X_i W_i$$

The activation function contained in artificial nerves is generally a non-linear function. This activation function determines whether the nerve will be activated or not. The activation level is manifested in a threshold value. The activation functions commonly used are step functions, slope functions, and sigmoid functions. In the McCulloch-Pitts model, the activation function is a ladder function so that:

$$f(\text{net}) = \begin{cases} 1, & \text{jika } \text{net} > 0 \\ 0, & \text{jika } \text{net} < 0 \end{cases}$$

dimana 0 = nilai ambang

JST is able to describe every situation where there is a relationship between predictor variables (independents, input) and predicted variables (dependents, output), when the relationship is very complex and not easy to explain in general terms of correlation or differences between groups. (Santosa, 2014)

### C. Application

- Aerospace: airplane autopilot, flight path simulation, airplane control system, autopilot repair, airplane component simulation
- Automotive: automatic car control system
- Finance and banking: counterfeit money detection, credit application evaluator, stock market data pattern identification
- Military: Weapons control, bomb detection, target tracking, object

discrimination, sensor control, sonar, radar, and image signal processing including data compression, special part extraction, and noise removal, signal or image recognition.

- Electronics: Hardware creation that can implement ANN efficiently, machine vision, motion controllers
- Broadcast: news clip search through facial recognition
- Security: ANN is used to recognize cars and recognize faces of individuals
- Medical: cancer cell analysis
- Speech recognition: conversation recognition, voice classification
- Writing recognition: handwriting recognition, translation of writing into Latin script
- Mathematics: problem modeling tool where the explicit form of the relationship between certain variables is unknown
- Moving object recognition: in addition to patterns from still-images, ANN can also be used to detect moving images from videos such as images of moving people, etc.
- ANN is used as a computer virus detector, odor sensing, etc.

Reference:

[https://eprints.sinus.ac.id/24/2/061C2017SSI\\_14.4.10043\\_BAB\\_II\(1\).pdf](https://eprints.sinus.ac.id/24/2/061C2017SSI_14.4.10043_BAB_II(1).pdf)