

2020

Machine Learning

First Assignment

姓名	班级	学号
王成航	统计 71	2176122248
张申铎	统计 71	2176112379
王泽昊	统计 71	2176112782

çŽŏã;T

1	aijTēlĀ	1
1.1	ā;ŞāzŁçŽĎæŮüāzčèČŇæŽřāĀŤāĀŤādġæŤřæŇŏ	1
1.2	äžžāüëæŽžèČĭ	3
1.3	æIJžāŽlāņēäžā	3
1.4	æŭsāžēāņēäžā	3
2	æIJžāŽlāņēäžāçŽĎāŖŚāsŤäyŌāžŤçŦl	4
2.1	āŖŚāsŤāŌēçlŇ	4
2.2	āžŤçŦlĀēlā;Ň	6
2.3	UberçŽĎāĒüā;ŞāžŤçŦl	6
3	çžšèŏāņēèŭşæIJžāŽlāņēäžāçŽĎāržæŖŦ	7
3.1	æIJžāŽlāņēäžāēġEēġŞ-āŽđā;ŞāŭādŇ	7
3.2	äijäçžşçžšèŏāņēèġEēġŞ-çşŭēŸtēāēāĒl	8
4	æIJžāŽlāņēäžāāşæIJñæņēēld'	9
4.1	æŤřæŇŏēŌüāŖŮäyŌēčĎādĎçŖĒ	10
4.2	æŭāādŇçŽĎèŏņçžČ	10
4.3	æŭāādŇçŽĎēlŇēŖĀ	10
4.4	æŭāādŇçŽĎāŏđēŽĒä;ŕçŦl	10
5	æIJžāŽlāņēäžāçŽĎæŮžæşŤāŖĒçşž	10
5.1	æŇŖçĒġæŭāādŇçŽĎāņēäžāā;çaijŖāŖĒ	11
5.2	æŇŖçĒġādĎçŖĒēŮŏēçŸçŽĎæŮžæşŤāŖĒ	12
6	æIJžāŽlāņēäžāçŽĎæIJĥæŭēāsŤæIJŽ	13
A	æIJžāŽlāņēäžāçŽĎāŖŚāsŤāŌēçlŇ	I

aÄIjâ; ŨçŦZæDRçZDæYr, eŁZéazæŦræNŖœæYřazŌ2004âzŦâijAâgNçZD, âzšâršæYřerŦGoogleâĖnâRyèGšârSâzŌ20
 âRÑæâũçZD, FacebookâzšâIjIèŁRçŦlæIJžâZlâŋeäzâârzæŦRâyÄâyłçŦlæLũçZDæŦRâyÄæIaetŦRègŁèŦŦâ;Ŧ,
 æŦRâyÄænaçCzèŦdèŁZèqNâLÈædR, âzŌèĖNâyžçŦlæLũæŌlèĖAæIJÄâyžâŦRŁèĖCçZDâĖĖâôzâzèâRŁâzŁâSŁ.
 âZ;âĖĖâĖnâRyârŦæIJžâZlâŋeäzâââžšæIJLâNĖAâLÈæũsâĖĖçZDâžŦçŦl, âçĖAlibabaçZDâžžèDyæŦřâzY,
 èĖ;âdšâIjIâGââžŁçŦlæLũâyŋâdğèĖDâĖlaeŋçâijRâyŁçZŁâžžèDyæŦřâzYçšççžš, èŦŦæYŌâžĖAlibabaâĖnâRyæIJñèžnâržâž
 èĖNâžŌ2000âzŦâijAâgNâršæIJLâNšæUŭèĖŽèŦŦâyZâLâçZDŦencentâĖnâRyâžšârĖæIJžâZlâŋeäzââžŦçŦlèGšâ;LâdZâžž
 âçĖCQQâyŋâĖIJâŦŦèĖ;èôdèŦĖçZDâžžâĖI, æLŮèĖĖššâžŦŦ;Ŧâžũ, èĖĖĖçSè;ŦâžũèĖNârŦèĖ;âŮIJæñççZDèĖĖĖçSæLŮèĖ
 ĖĖNèlèĖĖ;æIJLæIJžâZlâŋeäzâçZDâ;šâŋŦ.

```

graph LR
    Exp((Experience)) -- Induction --> Law[Law]
    NP(New problem) -- Input --> Law
    Law -- Output --> Dec(Decision)
    
    HD((Historical data)) -- Train --> Mod[Models]
    ND(New data) -- Input --> Mod
    Mod -- Output --> Pred(Prediction)
  
```

ÅZ 4: How machines learn.



人工智能
Artificial
Intelligence

机器学习
Machine
Learning

深度学习
Deep
Learning

2

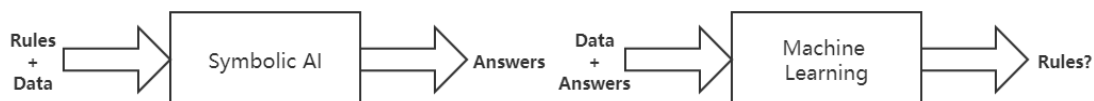
1.2 äẏẏäüēæẒẒēČ;

āĀIJäẏẏäüēæẒẒēČ; āĀİçẒDæÇĀftēG†1956āẏtāĀİİēççLẒēÑēæŪfāijẒēōō[4]äyLéçŪæñqæñçāijRæRŘāĠzäzēæİē, éẒŖçİĀæLĀæIJfæLNæōtçẒDāŖSāsTāzşāĀİİäyNæŪñāIJŖāŖYāNŪ, äĀİōōÇçẒDæäyāŁÇæŸŖāŖfäzēæĀzçzŞäyẏāĀİĀŖEçāẒäæñđ, äẏzä;TāŖfäzēāōđçŌŖēŁZäyĀçZōæāĠçẒDæLNæōtāyŌæŪzæşTēČ;āŖfäzēāĀäzēāĀİJäẏẏäüēæẒẒēČ; āĀİçẒDāŖSāsTāzşāĀİİōōÇçẒDæŪzæşTāzŭäyNäzĒēẒŖāzŌæIJzāZİāñçäzā, äçNāçCæŪİæIJşçẒDāZ;éẒĒēşqæçNçİNāBlue. āZ;éẒĒēşqæçNçẒDæçNāsĀādNæİČāzç(35⁸⁰[5])āzŭēİđçLzāĀĀLāzđāđg, āZäæñđāŖfäzēæĀZēŁĠçŭäyçæşTāŖEçŖāŖfäzēæĀNDeeper BlueēĀZēŁĠçŭäyĀæŪzæşTāŖLŖāĀİJfæLYēČIJäzEāZ;éẒĒēşqæçNäyŪçTŪNāĀāĀZ. āĀİĀDeeper BlueçẒDäyNæçNēŁĠNäyñ, äyNēIJĀēçĀāñçäzāāZĀāZĀ, äzĒäzĒēĀZēŁĠçŭäyç;ōçẒDçİNāzŖēŁZēqNēōqçŌŪāNşāŖŖ. ēŁZçğNēĀZēŁĠçŭäyĪŪĀĀZādNæİČēğDāŁZæİēāōđçŌŖäzẏäüēæẒẒēČ;çẒDæŪzæşTēçñçğŖäyçñçāŖŭäyçzāZĀäzẏäüēæẒẒēČ; äĀİŖāŖŌæİē, éẒŖçİĀäzẏäzñēIJĀēçĀādDçŖEçẒDāŁÇæĀŖēŭŁæİēēŭŁādNæİČ, āçÇāZçĀČŖāĀĀēşşççşşæŁŪēĀĒæŸŖçñçāŖŭäyçzāZĀäzẏäüēæẒẒēČ;äŭşçzŖäyNēČ;āđşādDçŖEçŁZäzZēŪōēçŸäzE, āZäæñđ, äyĀçğNæŪŖçẒDäzẏäüēæẒẒēČ;āōāōČäçŁæŸŖāĀİJæIJzāZİāñçäzāĀİ.

1.3 æIJzāZİāñçäzā

1950āẏt, äẏẏäüēæẒẒēČ;āĒĒĒĒAlan TuringāŖŞēāİzEāĀİJComputing machinery and intelligenceāĀİäyĀæŪĠ[6], æŪĠäyñ, äzŪŖāzāĀİJēōqçŌŪæIJzæŸŖāŖçēČ;āđşāñçäzāäyŌāŁZæŪŖāĀİēŁZäyĀēŪōēçŸēŁZēqNäzEæĀİēĀČ, āzŭäyTçzZāĠzäzEçŖāōZçẒDāZđçñT: ēČ;.

çZŖāĒEçẒDçñçāŖŭäyçzāZĀäzẏäüēæẒẒēČ;äyñ, æĒSäzñēçŞāĒēçẒDæŸŖæŖŖæNōäzēāŖĒçşçĀŁÇçİjŪĀĀZçẒDēğDāŁZēçŞāĠççẒDæŸŖäzẏäzñæIJşæIJZāçĀĀŖçẒDçñTæāŁ(āZç 6). ēĀNāĀİJæIJzāZİāñçäzāäyñ, ēçŞāĒēçẒDæŸŖæŖŖæNōāşNçäzẏäzñāŁZäyNæIJZēōqçŌŪæIJzäzŌēŁZäzZæŖŖæNōäyŌçñTæāŁäyñāñçäzāāŖäyĀäzZēğDāŁZ(āZç 7).



āZç 6: What Symbolic AI do.

āZç 7: What ML do.

ēŁZäyĀēŁĠNäyñ, ēōqçŌŪæIJçẒDāñçäzāççzçzşæŸŖēĀZēŁĠçŭäyçŞāĒēçŖŖæNōäzēāŖĒŖāzāTçẒDçñTæāŁçẒDēāŖāzEçŌŖāzç, çTZēĠşæIJLēōyādZēŪōēçŸæĒSäzñāŖĒçşçēĀşæŖŖæNōēĀNäyNçşçēĀşçñTæāŁ, ēŁZæŪŭæĒSäzñäijZāŖæIJşāçĒäzŪēČ;çZæĒSäzñçñTæāŁ, ēŁZāŖşæŸŖæŖĀŖşçẒDæŪāçZŞçİçāñçäzā. äzNāōđēāŁæŸŌ, äyĀäzZāzŭäyNāĀşēŁZero, çZāĠççẒDçñTæāŁçTZēĠşçēçĀŖŖäzççşçēĠäŭşçẒDçñTæāŁāēçĀĀŁādZ.

1.4 æŭşāzçāñçäzā

āĀİæZōēĀZçẒDæIJzāZİāñçäzāēŪōēçŸäyñ, æĒSäzñēIJĀēçĀēōqçŌŪæIJzāŌzāñçäzāçẒDēğDāŁZ,äçĀāçĀŖfäzēæēĀNāĀİJēŁZäzZēğDāŁZäyñæIJLäyĀēČİāŁEçẒDādNāŖĒĀĠçĀŖçẒDādNāŖĒĒæñqæŖçTZēĠşçñŸēççæŖŖāNĀæñqāzČēŖāŖzāŌēŁZäzZādNāŖĒĀĠçĀŖŖāNĀāŁEādNæİČçẒDēŪōēçŸ, æĒSäzñçğŖāōČäzñäyçæŭşāzçāñçäzāēŪōēçŸ, æŭşāzçāñçäzāçẒDāĀİJæŭşāzçāĀİ, äçŁæNĠççẒDæŸŖēŁZçğNādZæñqādNāŖĒĀĠçĀŖçẒDæñqæŖŖ.

ēĀNāĀİJāōđēZĒçẒDæŭşāzçāñçäzāēŪōēçŸäyñ, ēŁZçğNādZæñqçẒDādNāŖĒĀĠçĀŖŖæĀzæŸŖēĀZēŁĠçŭäyĀçğNāŖNāāZç 8 äçŁæŸŖäyĀäyĀyĒŁāsČçẒDçēđçzŖç;ŞçzIJ. āĀİçēđçzŖç;ŞçzIJāĀİēŁZäyĀæIJŖēŖççẒDçĀŖēĐşæİēæzŖāzŌçēđçzŖç

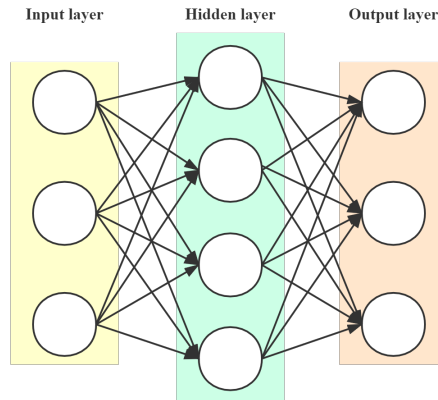


Figure 8: A three-layer full connected neural network

Figure 8 illustrates a three-layer fully connected neural network. The network consists of three layers: an input layer with 3 nodes, a hidden layer with 4 nodes, and an output layer with 3 nodes. Each node in one layer is connected to every node in the next layer by a directed arrow, representing a fully connected architecture. The layers are color-coded: yellow for the input layer, green for the hidden layer, and orange for the output layer.

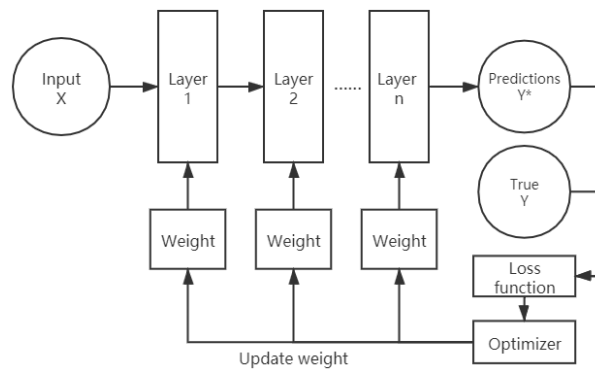


Figure 9: The workflow of neural network ML.

2. The Logic Theorist

2.1 The Logic Theorist

The Logic Theorist is a program that was designed to simulate the process of human problem-solving. It was created by Allen Newell, J. Allen Shaw, and Herbert A. Simon. The program was designed to solve problems that could be solved by a human, such as the General Problem Solving problem.

2000-1950 - 70s/80s

The Logic Theorist was designed to solve problems that could be solved by a human, such as the General Problem Solving problem. It was designed to simulate the process of human problem-solving. The program was designed to solve problems that could be solved by a human, such as the General Problem Solving problem.

The Logic Theorist was designed to solve problems that could be solved by a human, such as the General Problem Solving problem. It was designed to simulate the process of human problem-solving. The program was designed to solve problems that could be solved by a human, such as the General Problem Solving problem.

$\hat{E} \ddot{u} \ddot{y} \eta \dot{a} \dot{r} \dot{z} || \cdot || \dot{a} \dot{z} \dot{z} \dot{a} \dot{D} \dot{R} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{e} \dot{L} \dot{a} \dot{y} \dot{N} \dot{a} \dot{R} \dot{Y} \dot{e} \dot{N} \dot{C} \dot{a} \dot{T} \dot{r}$, $\dot{a} \dot{N} \dot{E} \dot{a} \dot{R} \dot{n} \dot{F} \dot{e} \dot{N} \dot{C} \dot{a} \dot{T} \dot{r} \dot{a} \dot{y} \dot{O} \dot{2} - \dot{e} \dot{N} \dot{C} \dot{a} \dot{T} \dot{r}$, $\dot{e} \dot{f} \dot{Z} \dot{a} \dot{e} \dot{u} \dot{a} \dot{I} \dot{J} \dot{A} \dot{a} \dot{j} \dot{s} \dot{e} \dot{A} \dot{i} \dot{j} \dot{e} \dot{f} \dot{S} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{s} \dot{C} \dot{e} \dot{g} \dot{c}$
 $\dot{e} \dot{C} \dot{a} \dot{z} \dot{L} \dot{e} \dot{f} \dot{Z} \dot{a} \dot{e} \dot{u} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{X} \dot{a} \dot{y} \dot{N} \dot{a} \dot{j} \dot{E} \dot{a} \dot{R} \dot{f} \dot{a} \dot{z} \dot{e} \dot{a} \dot{j} \dot{I} \dot{a} \dot{y} \dot{z} \dot{c} \dot{s} \dot{l} \dot{e} \dot{Y} \dot{t} \dot{e} \dot{a} \dot{e} \dot{a} \dot{E} \dot{l} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{y} \dot{A} \dot{a} \dot{y} \dot{t} \dot{a} \dot{e} \dot{U} \dot{z} \dot{a} \dot{i} \dot{j} \dot{R}$, $\dot{a} \dot{z} \dot{u} \dot{a} \dot{y} \dot{T} \dot{c} \dot{z} \dot{s} \dot{e} \dot{o} \dot{q} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{f} \dot{Y} \dot{c} \dot{z} \dot{Z} \dot{a} \dot{G} \dot{z} \dot{a} \dot{z} \dot{E} \dot{a} \dot{o} \dot{C} \dot{c} \dot{Z} \dot{D}$

$\dot{c} \dot{z} \dot{s} \dot{e} \dot{o} \dot{q} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{c} \dot{R} \dot{E} \dot{e} \dot{o} \dot{z} \dot{a} \dot{R} \dot{f} \dot{a} \dot{z} \dot{e} \dot{e} \dot{f} \dot{A} \dot{a} \dot{e} \dot{Y} \dot{O}$, $\dot{a} \dot{R} \dot{l} \dot{e} \dot{e} \dot{A} \dot{a} \dot{L} \dot{S} \dot{a} \dot{z} \dot{n} \dot{c} \dot{s} \dot{e} \dot{e} \dot{A} \dot{S} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{E} \dot{C} \dot{f} \dot{a} \dot{a} \dot{d} \dot{s} \dot{a} \dot{d} \dot{Z}$, $\dot{a} \dot{d} \dot{Z} \dot{a} \dot{L} \dot{r} \dot{m} \geq c \dot{n} \log n$, $n = \max \{n_1, n_2\} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{U} \dot{u} \dot{a} \dot{A} \dot{Z}$, $\dot{a} \dot{L} \dot{S} \dot{a} \dot{z} \dot{n} \dot{a} \dot{r} \dot{s} \dot{a} \dot{j} \dot{L} \dot{a} \dot{E} \dot{I} \dot{L} \dot{a} \dot{R} \dot{f} \dot{e} \dot{C} \dot{j}$ ($\dot{a} \dot{e} \dot{C} \dot{c} \dot{O} \dot{G} \dot{a} \dot{d} \dot{g} \dot{a} \dot{z} \dot{O} 1 - (2n)^{1-t}$) $\dot{e} \dot{C} \dot{j}$ $\dot{e} \dot{o} \dot{f} \dot{a} \dot{i} \dot{j} \dot{r} \dot{e} \dot{o} \dot{q} \dot{e} \dot{f} \dot{r} \dot{a} \dot{u} \dot{o} \dot{a} \dot{R} \dot{Y} \dot{a} \dot{j} \dot{U} \dot{a} \dot{j} \dot{L} \dot{a} \dot{R} \dot{R}$

$$\frac{1}{n} ||\hat{X} - X||_F \leq C \sqrt{\frac{tn \log n}{m}} ||X||_\infty, \quad (4)$$

$\dot{a} \dot{E} \dot{u} \dot{a} \dot{y} \eta \dot{t} > 1$, c , C $\dot{a} \dot{e} \dot{Y} \dot{r} \dot{a} \dot{y} \dot{d} \dot{a} \dot{y} \dot{l} \dot{a} \dot{y} \dot{N} \dot{a} \dot{j} \dot{l} \dot{e} \dot{t} \dot{U} \dot{a} \dot{z} \dot{O} \dot{X} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{R} \dot{C} \dot{a} \dot{T} \dot{r}$ [11].

$\dot{a} \dot{z} \dot{u} \dot{a} \dot{y} \dot{T} \dot{a} \dot{Z} \dot{f} \dot{e} \dot{Z} \dot{a} \dot{y} \dot{A} \dot{a} \dot{n} \dot{e}$, $\dot{c} \dot{z} \dot{s} \dot{e} \dot{o} \dot{q} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{c} \dot{R} \dot{E} \dot{e} \dot{o} \dot{z} \dot{a} \dot{R} \dot{f} \dot{a} \dot{z} \dot{e} \dot{e} \dot{f} \dot{A} \dot{a} \dot{e} \dot{Y} \dot{O}$, $\dot{a} \dot{r} \dot{z} \dot{a} \dot{z} \dot{O} \dot{a} \dot{y} \dot{A} \dot{a} \dot{z} \dot{Z} \dot{c} \dot{l} \dot{N} \dot{a} \dot{j} \dot{o} \dot{a} \dot{e} \dot{Z} \dot{f} \dot{c} \dot{L} \dot{z} \dot{a} \dot{o} \dot{L} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{c} \dot{s} \dot{l} \dot{e} \dot{Y} \dot{t}$ ($\dot{A} \dot{c} \dot{Z} \dot{D}$
 $\dot{a} \dot{R} \dot{l} \dot{e} \dot{e} \dot{A} \dot{a} \dot{L} \dot{S} \dot{a} \dot{z} \dot{n} \dot{e} \dot{g} \dot{C} \dot{a} \dot{e} \dot{t} \dot{N} \dot{a} \dot{L} \dot{r} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{E} \dot{C} \dot{f} \dot{a} \dot{a} \dot{e} \dot{T} \dot{r} \dot{e} \dot{G} \dot{R} \dot{a} \dot{d} \dot{s} \dot{a} \dot{d} \dot{Z}$, $\dot{a} \dot{d} \dot{Z} \dot{a} \dot{L} \dot{r} \dot{m} \geq C n^{1.2} \log(n)$, $\dot{a} \dot{L} \dot{S} \dot{a} \dot{z} \dot{n} \dot{a} \dot{r} \dot{s} \dot{a} \dot{j} \dot{L} \dot{a} \dot{E} \dot{I} \dot{L} \dot{a} \dot{R} \dot{f} \dot{e} \dot{C} \dot{j}$ ($\dot{a} \dot{d} \dot{g} \dot{a} \dot{z} \dot{O} 1 -$
 $c n^{-3} \log n$), $\dot{a} \dot{L} \dot{S} \dot{a} \dot{z} \dot{n} \dot{e} \dot{C} \dot{j} \dot{a} \dot{d} \dot{s} \dot{c} \dot{s} \dot{j} \dot{a} \dot{G} \dot{E} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{e} \dot{a} \dot{e} \dot{a} \dot{E} \dot{I} \dot{A}$, $\dot{a} \dot{E} \dot{u} \dot{a} \dot{y} \eta \dot{c}$, C $\dot{a} \dot{e} \dot{Y} \dot{r} \dot{a} \dot{y} \dot{d} \dot{a} \dot{y} \dot{l} \dot{a} \dot{y} \dot{N} \dot{a} \dot{j} \dot{l} \dot{e} \dot{t} \dot{U} \dot{a} \dot{z} \dot{O} \dot{X} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{R} \dot{C} \dot{a} \dot{T} \dot{r}$ [10].

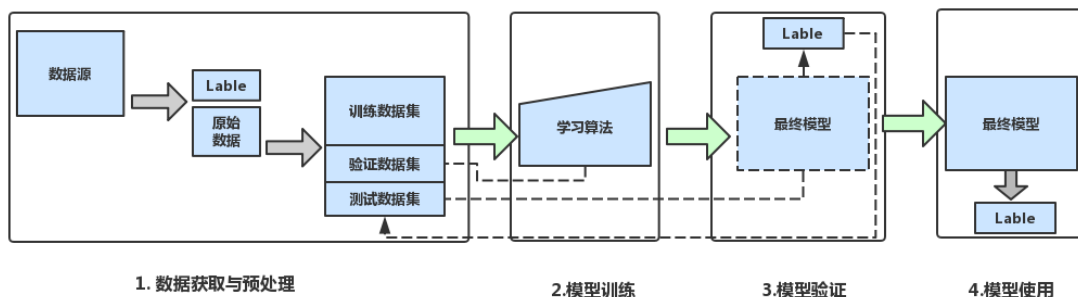
$\dot{a} \dot{E} \dot{N} \dot{e} \dot{f} \dot{Z} \dot{a} \dot{y} \dot{A} \dot{a} \dot{n} \dot{e}$, $\dot{c} \dot{z} \dot{s} \dot{e} \dot{o} \dot{q} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{c} \dot{R} \dot{E} \dot{e} \dot{o} \dot{z} \dot{e} \dot{f} \dot{Y} \dot{a} \dot{R} \dot{f} \dot{a} \dot{z} \dot{e} \dot{e} \dot{f} \dot{A} \dot{a} \dot{e} \dot{Y} \dot{O}$, $\dot{e} \dot{f} \dot{Z} \dot{a} \dot{e} \dot{u} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{C} \dot{o} \dot{m} \dot{p} \dot{l} \dot{e} \dot{t} \dot{i} \dot{o} \dot{n} \dot{a} \dot{i} \dot{o} \dot{N} \dot{c} \dot{j} \dot{O} \dot{c} \dot{Z} \dot{D}$,
 $\dot{a} \dot{Z} \dot{a} \dot{a} \dot{y} \dot{z} \dot{a} \dot{z} \dot{U} \dot{a} \dot{e} \dot{e} \dot{e} \dot{f} \dot{S} \dot{a} \dot{z} \dot{E} \dot{a} \dot{f} \dot{a} \dot{e} \dot{A} \dot{f} \dot{r} \dot{e} \dot{o} \dot{z} \dot{a} \dot{L} \dot{A} \dot{a} \dot{E} \dot{A} \dot{e} \dot{o} \dot{y} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{y} \dot{N} \dot{a} \dot{R} \dot{f} \dot{e} \dot{C} \dot{j}$ $\dot{a} \dot{E} \dot{N} \dot{a} \dot{e} \dot{R} \dot{R} \dot{a} \dot{N} \dot{G} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{y} \dot{N} \dot{c} \dot{T} \dot{N}$ ($\dot{a} \dot{u} \dot{o} \dot{a} \dot{y} \dot{A} \dot{a} \dot{y} \log n$) [8].

$\dot{e} \dot{f} \dot{Z} \dot{a} \dot{e} \dot{Y} \dot{r} \dot{a} \dot{y} \dot{z} \dot{a} \dot{e} \dot{T} \dot{r} \dot{a} \dot{y} \dot{N} \dot{a} \dot{d} \dot{Z} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{c} \dot{z} \dot{s} \dot{e} \dot{o} \dot{q} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{c} \dot{R} \dot{E} \dot{e} \dot{o} \dot{z} \dot{a} \dot{G} \dot{a} \dot{a} \dot{z} \dot{O} \dot{e} \dot{C} \dot{j} \dot{a} \dot{y} \dot{O} \dot{a} \dot{I} \dot{J} \dot{a} \dot{Z} \dot{a} \dot{l} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{a} \dot{z} \dot{a} \dot{a} \dot{I} \dot{J} \dot{a} \dot{o} \dot{d} \dot{a} \dot{e} \dot{L} \dot{Y} \dot{a} \dot{y} \eta \dot{c} \dot{Z} \dot{y} \dot{a} \dot{l} \dot{s} \dot{c} \dot{j} \dot{O}$,
 $\dot{a} \dot{R} \dot{N} \dot{a} \dot{U} \dot{u} \dot{a} \dot{R} \dot{L} \dot{c} \dot{z} \dot{Z} \dot{a} \dot{G} \dot{z} \dot{a} \dot{j} \dot{L} \dot{a} \dot{e} \dot{i} \dot{C} \dot{a} \dot{z} \dot{o} \dot{C} \dot{R} \dot{E} \dot{e} \dot{o} \dot{z} \dot{e} \dot{g} \dot{c} \dot{e} \dot{G} \dot{L} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{I} \dot{J} \dot{z} \dot{a} \dot{e} \dot{Z} \dot{i}$. $\dot{a} \dot{j} \dot{E} \dot{a} \dot{e} \dot{Y} \dot{r} \dot{a} \dot{r} \dot{s} \dot{a} \dot{I} \dot{J} \dot{l} \dot{e} \dot{f} \dot{Z} \dot{a} \dot{e} \dot{u} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{I} \dot{J} \dot{z} \dot{a} \dot{e} \dot{Z} \dot{r} \dot{a} \dot{y} \dot{N} \dot{a} \dot{L} \dot{S} \dot{a} \dot{z} \dot{n} \dot{a} \dot{z} \dot{s} \dot{a} \dot{R} \dot{f} \dot{a} \dot{z} \dot{e} \dot{n} \dot{Y}$
 $\dot{a} \dot{I} \dot{J} \dot{l} \dot{a} \dot{e} \dot{Z} \dot{f} \dot{a} \dot{d} \dot{Z} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{I} \dot{J} \dot{z} \dot{a} \dot{R} \dot{L} \dot{e} \dot{G} \dot{N}$, $\dot{a} \dot{I} \dot{J} \dot{z} \dot{a} \dot{Z} \dot{a} \dot{l} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{a} \dot{z} \dot{a} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{L} \dot{N} \dot{a} \dot{e} \dot{s} \dot{f} \dot{a} \dot{R} \dot{S} \dot{a} \dot{s} \dot{T} \dot{a} \dot{I} \dot{J} \dot{l} \dot{a} \dot{y} \dot{A} \dot{a} \dot{z} \dot{Z} \dot{e} \dot{a} \dot{q} \dot{z} \dot{c} \dot{Z} \dot{o} \dot{a} \dot{y} \dot{L} \dot{a} \dot{u} \dot{s} \dot{c} \dot{z} \dot{R} \dot{a} \dot{j} \dot{f} \dot{a} \dot{z} \dot{z} \dot{c} \dot{s} \dot{z} \dot{e} \dot{n} \dot{Y} \dot{a} \dot{e} \dot{L} \dot{N} \dot{c} \dot{Z} \dot{y} \dot{a} \dot{j}$;
 $\dot{e} \dot{A} \dot{N} \dot{c} \dot{z} \dot{s} \dot{e} \dot{o} \dot{q} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{c} \dot{R} \dot{E} \dot{e} \dot{o} \dot{z} \dot{e} \dot{g} \dot{c} \dot{e} \dot{G} \dot{L} \dot{a} \dot{I} \dot{J} \dot{z} \dot{a} \dot{Z} \dot{a} \dot{l} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{a} \dot{z} \dot{a} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{L} \dot{E} \dot{a} \dot{e} \dot{T} \dot{r} \dot{a} \dot{N} \dot{t} \dot{e} \dot{f} \dot{Y} \dot{a} \dot{d} \dot{D} \dot{a} \dot{I} \dot{J} \dot{l} \dot{a} \dot{f} \dot{a} \dot{D} \dot{f} \dot{e} \dot{Y} \dot{u} \dot{a} \dot{o} \dot{t}$.

$\dot{a} \dot{I} \dot{J} \dot{z} \dot{a} \dot{Z} \dot{a} \dot{l} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{a} \dot{z} \dot{a} \dot{c} \dot{l} \dot{A} \dot{c} \dot{a} \dot{f} \dot{a} \dot{z} \dot{E} \dot{a} \dot{i} \dot{j} \dot{a} \dot{c} \dot{z} \dot{s} \dot{c} \dot{z} \dot{s} \dot{e} \dot{o} \dot{q} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{a} \dot{I} \dot{J} \dot{a} \dot{e} \dot{T} \dot{r} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{a} \dot{y} \dot{e} \dot{e} \dot{f} \dot{a} \dot{e} \dot{A} \dot{g} \dot{e} \dot{e} \dot{A} \dot{a} \dot{s} \dot{C} \dot{a} \dot{y} \dot{L} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{d} \dot{u} \dot{e} \dot{T} \dot{A}$, $\dot{a} \dot{I} \dot{J} \dot{c} \dot{l} \dot{A} \dot{e} \dot{z} \dot{S} \dot{c} \dot{N} \dot{n} \dot{c} \dot{Z} \dot{j} \dot{c} \dot{N} \dot{n} \dot{a}$;
 $\dot{a} \dot{R} \dot{N} \dot{a} \dot{U} \dot{u} \dot{a} \dot{I} \dot{J} \dot{z} \dot{a} \dot{Z} \dot{a} \dot{l} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{a} \dot{z} \dot{a} \dot{a} \dot{z} \dot{s} \dot{a} \dot{r} \dot{z} \dot{a} \dot{i} \dot{j} \dot{a} \dot{c} \dot{z} \dot{s} \dot{c} \dot{z} \dot{s} \dot{e} \dot{o} \dot{q} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{c} \dot{R} \dot{E} \dot{e} \dot{o} \dot{z} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{R} \dot{S} \dot{a} \dot{s} \dot{T} \dot{a} \dot{R} \dot{R} \dot{a} \dot{j} \dot{Z} \dot{a} \dot{z} \dot{E} \dot{a} \dot{e} \dot{U} \dot{r} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{e} \dot{U} \dot{z} \dot{a} \dot{R} \dot{S} \dot{a} \dot{y} \dot{O} \dot{c} \dot{A} \dot{t} \dot{e} \dot{D} \dot{s}$,
 $\dot{a} \dot{r} \dot{T} \dot{a} \dot{e} \dot{C} \dot{c} \dot{a} \dot{T} \dot{c} \dot{l} \dot{u} \dot{c} \dot{j} \dot{S} \dot{c} \dot{z} \dot{I} \dot{J} \dot{c} \dot{z} \dot{s} \dot{a} \dot{d} \dot{D} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{e} \dot{x} \dot{p} \dot{r} \dot{e} \dot{s} \dot{s} \dot{i} \dot{v} \dot{e} \dot{n} \dot{s} [12] \dot{a} \dot{e} \dot{z} \dot{a} \dot{a} \dot{R} \dot{L} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{a} \dot{z} \dot{a} \dot{e} \dot{f} \dot{G} \dot{c} \dot{l} \dot{N} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{e} \dot{m} \dot{p} \dot{i} \dot{r} \dot{i} \dot{c} \dot{a} \dot{l} \dot{e} \dot{s} [13] \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{e} \dot{O} \dot{c} \dot{f} \dot{c} \dot{t} \dot{c} \dot{e} \eta \dot{L} \dot{c}$;
 $\dot{e} \dot{A} \dot{N} \dot{e} \dot{f} \dot{Z} \dot{a} \dot{z} \dot{Z} \dot{a} \dot{C} \dot{n} \dot{c} \dot{T} \dot{s} \dot{a} \dot{G} \dot{z} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{c} \dot{z} \dot{s} \dot{e} \dot{o} \dot{q} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{c} \dot{R} \dot{E} \dot{e} \dot{o} \dot{z} \dot{a} \dot{I} \dot{J} \dot{l} \dot{e} \dot{G} \dot{R} \dot{a} \dot{n} \dot{R} \dot{c} \dot{L} \dot{l} \dot{c} \dot{R} \dot{E} \dot{a} \dot{A} \dot{A} \dot{a} \dot{e} \dot{T} \dot{r} \dot{a} \dot{e} \dot{N} \dot{o} \dot{c} \dot{g} \dot{s} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{c} \eta \dot{L} \dot{a} \dot{e} \dot{U} \dot{z} \dot{a} \dot{R} \dot{S} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{E} \dot{N} \dot{a} \dot{n} \dot{a} \dot{z} \dot{T} \dot{c} \dot{T} \dot{l} \dot{a} \dot{z} \dot{s}$

4 æIJžāZlāṇēāzāāšžæIJñæṇēld'

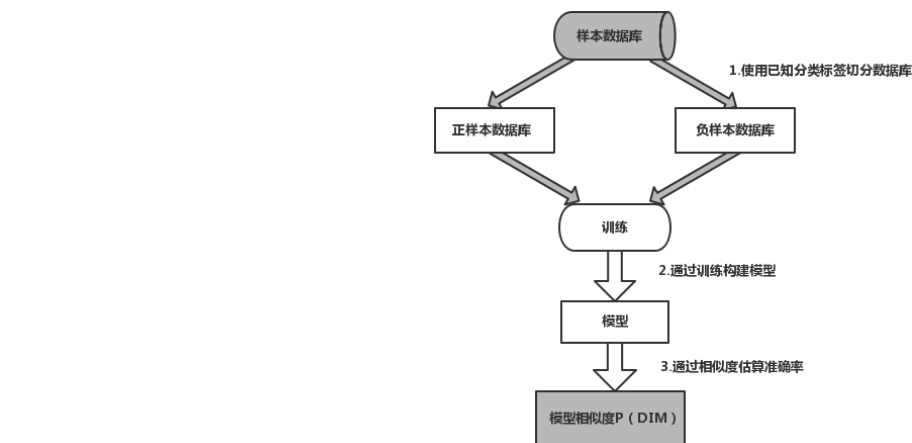
$\dot{a} \dot{I} \dot{J} \dot{z} \dot{a} \dot{Z} \dot{a} \dot{l} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{a} \dot{z} \dot{a} \dot{e} \dot{Z} \dot{j} \dot{c} \dot{D} \dot{u} \dot{a} \dot{e} \dot{Y} \dot{r} \dot{a} \dot{y} \dot{A} \dot{e} \dot{U} \dot{l} \dot{a} \dot{E} \dot{u} \dot{a} \dot{j} \dot{S} \dot{c} \dot{R} \dot{E} \dot{e} \dot{o} \dot{z} \dot{a} \dot{e} \dot{T} \dot{e} \dot{j} \dot{C} \dot{a} \dot{d} \dot{N} \dot{a} \dot{e} \dot{I} \dot{C} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{c} \dot{g} \dot{s}$, $\dot{a} \dot{j} \dot{E} \dot{a} \dot{E} \dot{u} \dot{a} \dot{s} \dot{z} \dot{a} \dot{e} \dot{I} \dot{J} \dot{n} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{e} \dot{l} \dot{d} \dot{a} \dot{N} \dot{t} \dot{a} \dot{R} \dot{f} \dot{a} \dot{z} \dot{e} \dot{e} \dot{n} \dot{Y}$
 $\dot{a} \dot{y} \dot{N} \dot{a} \dot{U} \dot{G} \dot{a} \dot{r} \dot{s} \dot{c} \dot{o} \dot{A} \dot{a} \dot{N} \dot{T} \dot{a} \dot{z} \dot{N} \dot{c} \dot{z} \dot{N} \dot{a} \dot{y} \dot{A} \dot{a} \dot{y} \dot{N} \dot{a} \dot{E} \dot{y} \dot{a} \dot{d} \dot{N} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{I} \dot{J} \dot{z} \dot{a} \dot{Z} \dot{a} \dot{l} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{a} \dot{z} \dot{a} \dot{a} \dot{y} \eta \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{G} \dot{a} \dot{a} \dot{y} \dot{l} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{e} \dot{l} \dot{d}$. **āZ_j 11** $\dot{a} \dot{e} \dot{Y} \dot{r} \dot{a} \dot{e} \dot{I} \dot{J} \dot{z} \dot{a} \dot{Z} \dot{a} \dot{l} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{a} \dot{z} \dot{a} \dot{a} \dot{G} \dot{a} \dot{a} \dot{y}$



āZ_j 11: Procedure of Machine learning.

4.1 æTṛæNōēŌuāRŪäyŌécDādDcṚĒ

$\dot{a} \dot{L} \dot{A} \dot{e} \dot{I} \dot{J} \dot{L} \dot{a} \dot{I} \dot{J} \dot{z} \dot{a} \dot{Z} \dot{a} \dot{l} \dot{a} \dot{n} \dot{e} \dot{a} \dot{z} \dot{a} \dot{c} \dot{o} \dot{U} \dot{a} \dot{s} \dot{T} \dot{a} \dot{r} \dot{j} \dot{c} \dot{o} \dot{q} \dot{a} \dot{e} \dot{I} \dot{J} \dot{L} \dot{a} \dot{R} \dot{D} \dot{a} \dot{U} \dot{z} \dot{e} \dot{l} \dot{c} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{y} \dot{N} \dot{a} \dot{R} \dot{N}$, $\dot{a} \dot{j} \dot{E} \dot{a} \dot{d} \dot{g} \dot{e} \dot{C} \dot{j} \dot{a} \dot{I} \dot{J} \dot{L} \dot{a} \dot{y} \dot{A} \dot{c} \dot{Z} \dot{a} \dot{e} \dot{Y} \dot{f} \dot{c} \dot{Z} \dot{y} \dot{a} \dot{R} \dot{N} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{a} \dot{A}$
 $\dot{a} \dot{N} \dot{s} \dot{a} \dot{z} \dot{z} \dot{a} \dot{j} \dot{T} \dot{a} \dot{y} \dot{A} \dot{a} \dot{y} \dot{l} \dot{c} \dot{o} \dot{U} \dot{a} \dot{s} \dot{T}$, $\dot{e} \dot{C} \dot{j} \dot{a} \dot{R} \dot{f} \dot{a} \dot{z} \dot{e} \dot{e} \dot{A} \dot{Z} \dot{e} \dot{f} \dot{G} \dot{a} \dot{c} \dot{d} \dot{a} \dot{L} \dot{a} \dot{e} \dot{o} \dot{n} \dot{c} \dot{z} \dot{C} \dot{a} \dot{T} \dot{r} \dot{a} \dot{e} \dot{N} \dot{o} \dot{a} \dot{l} \dot{e} \dot{e} \dot{j} \dot{a} \dot{L} \dot{r} \dot{a} \dot{e} \dot{Z} \dot{f} \dot{a} \dot{e} \dot{j} \dot{c} \dot{Z} \dot{D} \dot{c} \dot{z} \dot{s} \dot{a} \dot{e} \dot{d} \dot{I} \dot{J}$. $\dot{a} \dot{Z} \dot{a} \dot{e} \eta \dot{d} \dot{a} \dot{L} \dot{S} \dot{a} \dot{z} \dot{n} \dot{c} \dot{Z} \dot{D}$



çZŞçİcñęäzã

[illegible]

æŮăçŽŚİćăņęăżă

æU̯äçZŠſçlčāņęäzāçŽDçŁzÇzæYřfārzæŁ; éŽRèŪRāIJāIJhæāĠèðræTřæNōāyņçŽDèğDā; N. æU̯äçZŠſçlčāņęäzāyN
ä; ŁäzŌāŌNçijŁæTřæNōāņYāCłāĀAāĠRārSèðqçŌŪéĠRāĀAæRRāNĠçŝŌŪæşTēĀşşāze, èŁYāRfāzèéAŁāĒNæņçèèřşæūæ
äðCāyžèèAçTłāzŌçzRætŌéçDætNāĀAāijCāyÿæçĀætNāĀAæTřæNōæNŪæŌYāĀAāZ; āČRādDçRĚāĀAæłāijRèřĚāŁ
æÇçd; äzđç; ŠçzIJāŁĚædRāĀAāyCāIJzāŁĚāŁsāĀAādTæŪĠæTřæNōāŁĚædRçŅŁ. äyŌçZŠſçlčāņęäzāçŽYæřT,
æU̯äçZŠſçlčāņęäzāçŽDæāūæIJñéZEäyņæşşæIJŁéçDāĒŁæāĠæşłāè; çŽDāŁĚçşzæāĠçŅ; āNşæşşæIJŁéçDāĒŁçzŽāŌZçŽ
äðCæşşæIJŁāŚŁèřŁèðqçŌŪæIJzæĀŌäzŁāAŽ, èĀNæYřèðŁèðqçŌŪæIJžèĠāūšāŌzāņęäzāæCā; TřārzæTřæNōèŁZæāNāŁĚ
çDūāRŌārřéCçäzZæņççāðāŁĚçşzæāNäyžéGĠāRŪæşRçğNā; çāijRçŽDæŁĀāŁs. äyÿèğAçŽDæU̯äçZŠſçlčāņęäzāçŌŪæşT
oriçŌŪæşTāĀAKMeansçŌŪæşTāĀAéŽRæIJzæçŌædŪ(random forest)āĀAäyžæŁRāŁĚāŁĚædR(prin-
cipal component analysis)çŅŁ.

[illegible]

ãijžãÑŨãŋeäzãæYřæZžẽCjçšžçzšžãžOçŒřãçĈãĽřeãÑãyžçŽDãŋeäzã, äžẽãj£ãijžãÑŨãfãããRũãĜjãTřãĀijãIJĀãdĝ.
 çTšãžŒãdŨẽĈĽçŒřãçĈãæRŘãjŽçŽDãfãæAřãĽĽãŠ, ãijžãÑŨãŋeäzãçšžçzšžãfĒẽãzẽĩãẽGłẽžŋçŽDçžRãŒŒẽfŽẽãŒãŋeäzã.
 ãijžãÑŨãŋeäzãçŽDçŽŒããĜãYřãj£ãjŨãZžẽCjãjŠẽĀĽãÑĩçŽDẽãÑãyžẽCjãdšẽŒũãjŨçŒřãçĈçŽDãIJĀãdĝãẽŨẽTŘ.ãIJĽ
 ẽçŠãĒẽãTřãNŒãjIJãyžãřzãĩããdNçŽDãRÑẽẽĽ, ãyÑãĈRçŽŠçĩããĩããdNẽCçãũ, ẽçŠãĒẽãTřãNŒãžẽãžẽãYřãjIJãyžãyãĩã
 ãIJĽãijžãÑŨãŋeäzãäyÑ, ẽçŠãĒẽãTřãNŒçŽřãŒẽãRÑẽẽĽãĽãĩããdN, ãĩããdNãfĒẽãzãřzãŋdçŋNãĽãAžãŽãĜžẽřĈãTĩ.
 äyÿẽĝAçŽDãžTçTĩãIJžãŽřãÑẽãNňãĽãĀAçšžçzšžãžẽãRĽãIJžãŽĩãžžãŒŒãĽũçŋĽ. äyÿẽĝAçŒũãšTãÑẽãNňQ-
 LearningãžẽãRĽãŨũẽŨũũũãŋeäzã(Temporal difference learning).

ǎĹĕçszæYřæIJžǎZĹŋęǎžǎęĀǎdĎçŘĕçŽĎæIJǎžŁæşçŽĎĕŮőćYǎžNǎyǎ. ǎĹĕçszæYřęęĀǎçĹæNőǎŌĕǎŔşæŦřæ
 ęŁZęǎNěćĎǎtĹNǎeIJǎĹęǎŦřæNőçŽĎǎçŞçszæĈĕǎĖĹ. ęŁZǎyĹĕŮőćYçŽĎǎyžęęĀçŽōçŽĎæYřǎŋęǎijZǎyǎǎyĹǎĹĕçszǎĠçǎ
 ęřęǎĹǎǎđNěĈçĹĹĹæŦřæNőĕZEǎyŋçŽĎǎžNçĹĹæYǎǎřĎǎĹřçžZǎőŽçszǎĹŋǎyŋçŽĎæşŘǎyǎǎyĹçsz.

èAŽçszæYřæŃĠârĖçŁłçRĖæĹŪæŁ;èśaçŽĎěŽĚâĹĹâĹĚæĹŔçŤśçŽýäijijçŽĎâržesaççŽĎæĹŔçŽĎădŽăylçszçŽĎěŁç
 çŤsèAŽçszçŤşæĹŔçŽĎçřĠæYřăyĂççŽĎăŤŤræŃŏâržesaçŽĎěŽĚâĹĹ, èĹŽăžŽâržesăqăŎăŔŃăyăĂăylçřĠăyŋçŽĎâržesăqăij
 äyŎăĖŭăžŪçřĠăyŋçŽĎâržesăçŽýăijĈ. âĹĹăĹĹăžĂăŋçăžăăyŋ, èAŽçszæYřăyĂççĠæŪăçŽŤçłççŽĎăŋçăžă,
 âĹĹăžŃăĖĹăyŃçşëèAşşŤŤræŃŏăĹĖçszçŽĎăĈĖăĖŧăyŃ, æăžæŃŏăŤŤræŃŏăžŃăŪŧçŽĎçŽýäijijçĹŃăžçèĹŽëăŃăĹŤşăĹĖ.
 äyÿçŤłçŽĎçŮăşŤæĹĹĹĹMeansăĂĹĹĹAçŋĹ.

āZdā;ŠæYřä;ŁçTlāũšæIJŁçŽDæTrāĀijaeIéčĐætNæIJŁçšěæTrāĀijçŽĐēŁĞçlŃ, äyŌālEŁçszælqaijRäyNāŘŇ,
 āZdā;ŠæZtā;ğēGNazŌāĀIJēGRāNŪāĀl. äyĀeLñaijZä;ŁçTlālEŁçszæŪzæsȚécĐætNçęzæȚčāĀij, ä;ŁçTlāZdā;ŠæŪzæsȚ
 æČárzcTtā;ščŽĐērĐālEçŋL.

ɛ̯SǎGǎǎztǎzɛ̯æ̯lɛ̯, æ̯lɛ̯ɛ̯G̃læ̯ŪG̃æ̯lJ̃nǎ̯lɛ̯ɛ̯dRǎ̯ĀĀāZ̃l; ǎ̯ČR̃æ̯c̃Āç̃t̃cǎ̃ĀĀæ̯t̃l̃ɛ̯t̃z̃ɛ̯ĀĒā̃Ēšç̣ç̣ẓç̣ọq̣ç̣R̃Ēç̣ŋl̃æ̯Ūz̃ɛ̯l̃c̣ç̣Z̃Ḍç̣l̃
 ɛ̯Z̃ç̣g̃Ñæ̯T̃r̃æ̯Ñọç̣Z̃D̃æ̯t̃u̯ɛ̯G̃R̃æ̯Āg̃äij̃Z̃ä; ǎ̯Z̃l̃ Ūā̃d̃g̃ɛ̯G̃R̃æ̯lJ̃z̃ā̃Z̃l̃ā̃ŋɛ̯äz̃äç̣o̯Ūæ̯s̃T̃ç̣l̃J̃l̃æ̯lJ̃l̃æ̯T̃l̃æ̯Āg̃ā̃S̃Ñā̃ŋɛ̯äz̃äæ̯Āg̃ɛ̯Č̃; æ̯Ūz̃ɛ̯
 ä; Ñā̃ɛ̯Č̃, æ̯lJ̃l̃æ̯L̃R̃ç̣Z̃l̃; äỹL̃ā̃ÑČ̣ç̣z̃t̃ç̣L̃z̃ā̃l̃ Ạç̣Z̃D̃ɛ̯ñỸç̣z̃t̃æ̯T̃r̃æ̯Ñọ, äij̃Z̃ā̃ÑĒā̃R̃ñā̃d̃g̃ɛ̯G̃R̃ç̣Z̃D̃æ̯Ūā̃ā̃Ēš̃ā̃ĒŪä; Z̃ā̃f̃q̃æ̯Ãf̃,
 ɛ̯Z̃ā̃z̃Z̃ā̃f̃q̃æ̯Ãf̃ā̃R̃f̃ɛ̯Č̃; æ̯d̃Ãā̃d̃g̃ā̃lJ̃r̃ɛ̯Z̃Ñä; Ō̃ā̃ŋɛ̯äz̃äç̣o̯Ūæ̯s̃T̃ç̣Z̃D̃æ̯Āg̃ɛ̯Č̃. ā̃Z̃ā̃æ̯ŋd̃, ā̃; Š̃ɛ̯l̃c̣äỹt̃ɛ̯ñỸç̣z̃t̃æ̯T̃r̃æ̯Ñọæ̯ŪŪ,
 ç̣L̃z̃ā̃l̃ Ạɛ̯Z̃Ñç̣z̃t̃ā̃r̃z̃äz̃Ō̃æ̯lJ̃z̃ā̃Z̃l̃ā̃ŋɛ̯äz̃äā̃r̃s̃æ̯Ỹl̃; Ūā̃ÑÃā̃l̃ɛ̯ɛ̯G̃Ñɛ̯ɛ̯Ã. ç̣L̃z̃ā̃l̃ Ạɛ̯Z̃Ñç̣z̃t̃æ̯Ỹf̃ā̃z̃Ō̃ā̃l̃l̃ā̃g̃Ñɛ̯ñỸç̣z̃t̃ç̣L̃z̃ā̃l̃ Ạɛ̯Z̃ɛ̯ā̃R̃
 äz̃äỹl̃æ̯l̃q̃ā̃d̃Ñɛ̯Č̃; ā̃d̃š̃æ̯Z̃t̃ā̃ɛ̯; ā̃lJ̃r̃ā̃ŋɛ̯äz̃ä. ɛ̯Ā̃Z̃ā̃ỹỹäij̃Z̃ā̃r̃ɛ̯ɛ̯Z̃Ñç̣z̃t̃ä; lJ̃äỹz̃æ̯lJ̃z̃ā̃Z̃l̃ā̃ŋɛ̯äz̃äç̣Z̃D̃ɛ̯č̣D̃ā̃d̃D̃ç̣R̃Ēæ̯ŋɛ̯ɛ̯l̃d̃.
 ā̃d̃g̃ɛ̯G̃R̃ç̣Z̃D̃ā̃õd̃ɛ̯u̯t̃ɛ̯r̃Ãæ̯ỸŌ̃, ç̣L̃z̃ā̃l̃ Ạɛ̯Z̃Ñç̣z̃t̃ɛ̯Č̃; æ̯lJ̃l̃æ̯T̃l̃ā̃lJ̃r̃æ̯t̃l̃ɛ̯Z̃D̃æ̯Ūā̃ā̃Ēš̃ā̃S̃Ñā̃ĒŪä; Z̃ç̣L̃z̃ā̃l̃ Ã, æ̯R̃R̃ɛ̯ñỸæ̯ÑŪæ̯Ō̃Ỹä
 æ̯T̃z̃ā̃ŪD̃ɛ̯č̣D̃æ̯t̃Ñç̣ç̣; ç̣q̃õæ̯Āg̃ç̣ŋl̃ā̃ŋɛ̯äz̃äæ̯Āg̃ɛ̯Č̃, ā̃c̣d̃äij̃z̃ā̃ŋɛ̯äz̃äç̣z̃S̃æ̯d̃lJ̃ç̣Z̃D̃æ̯ỸS̃ç̣R̃Ēɛ̯g̃ç̣æ̯Āg̃.

6 æIJžāŽĺņęäzăçŽǾæIJłæİěąśŢæIJŽ

ẽtr̥çʰfæʰtʰäy̥læʰúsãžẽãɲẽäzãçʰžDãR̥S̥s̥ãstãŌfãR̥s̥, äy̥NçõqæY̥réĂžẽç̣SãR̥fãR̥S̥çʰžD̥çɲẽãRuäy̥zæD̥R̥ẽfY̥æY̥r̥çT̥šçL̥fãɲẽ
 äEũũs̥çẓR̥ãR̥EäžẓṣzæU̥GæY̥Ōäy̥ẽl̥R̥äẓEæU̥r̥çžD̥ẽN̥Y̥ãžẽ. äJ̥EæY̥r̥ãŌCäẓšẽAğãL̥R̥äẓEäç̣L̥ãd̥ẒæU̥äæšṬçãtẽžḌçžD̥ẽžR̥ã
 ẽC̣ẓäẓḶçŌr̥ãIJ̥l̥ãIJ̥ẓãžI̥l̥ãɲẽçäẓäẽl̥çäy̥ṭçžD̥ãžr̥ẽẓ̌ç̣ãIJ̥L̥ãšl̥äžẓ̌?æIJ̥l̥ẽçžD̥ãR̥S̥s̥ãstãE̥U̥ẓãR̥S̥ãR̥L̥ãIJ̥l̥ãšṭẽĠN̥?

ēŁZæŸřäýĀăyłēŁIJēŁIJēŁūĒāGžāzĒæŁŚāznēČ;āŽđçŋTēŇČāŽčŽĐēŮóćŸ, äýŊēŁGHintonāŠŇLeCunāIJÍ2019āžťāŽ;çA
ēéŮāĒĹHintonēōďāýž[14]āIJlēōaçŮŮāIJžēğEğēğŁčŽĐécĒāšš, āřžāžŌčŽóāāĞērĒāĹnāžžāŁą, æŁŚāžņčŽóāĒŊčŽĐ
āžžčśžāŘřāžčāĹłčŤīāžúāýŤä; ĮēŮāžŌčŽĐāŘĐāýłēČlāžúāžŊēŮťčŽĐāĞāā;ŤāĒșçşž, āIJlēğEğēğŚāŘŸæŊcāýŊčŽĐāýŊāŘ
æİēēōđčșžāžŊčĹĹ, ēĀŇčēđčžŘč;ŚçžIJā;Ăā;ĂāŁ;ēğĒāžĒēŁZāýĀçĆż. [15]

āĒūāñqāĒĒsāznāIJĲēdčzŔç;ŠçzIJéĜŅāŔĲæIJĲāyđçĝŅæŪúéŪfārzāžē, äyĀçĝŅçijŠsæĒčçŽĎæĲčéĜŅéĀčāžŦ, äyĀçĝŅæĒĀætŕçŽĎçēdčzŔāĒĒççŽĎāĲnéĀšāŔYāŅŪ. ðĒZäyŌçŦšçĲĲāñçäyĲçēdčzŔāĒĒçĲĒĀāĒūāIJĲçŽĎæIJĲéĀçæĲĀāžēäyĀäyĲæŪzāŔŒsæŪúéç;ādšāijŦāĒēäyĀāžZæŽĲāđŽçŽĎæŪúéŪfārzāžē, äjĲā; ŪçēdčzŔç;ŠçzIJæŽĲēĒĒéĀšāĲāđçŌŕāŕççŅæIJšēōŕāĒĒççŽĎāĲnéĀšéĜŅāžž.

ěŽ;čDúæŁŚäzněžnádĎadgæṬṛæNǫæŮúäzč, ä;EæYṛæIJLäyÄäzZæṬṛæNǫä;İçDúæYṛæŮäæŞṬèŮüä;ŮçZĎ.
 æṚĤæĈéCéZŻæNşäyŮçṬNäyñęęłçŌřäijYäijCçZĎäijžāNŮāņęäžāāIJłçŌřāđđāžṬçṬlāyñä;Ää;ÄZāäyžæŮäæŞṬæŌčāR
 æṚṬçñşæŁŚäznäyNěČ;äyžāžEæṬúéZEæṛRäyÄäyłæäüæIJñāṛşæŞđäyÄæñęę;ę, æŁŮæYṛæŞṬāİRäyÄäyłæIJžāZlāžž,
 āṛ;çǫęęŁZæäüçZĎæŁṚæIJñāIJlěZŻæNşāIJžæZṛäyNæṚĤæĈäyýæŁṚéGŃéłćæYṛāṬ;æŁNāRṛā;ŮçZĎ.
 ä;EæYṛæŁŚäznčZĎçžřçşçZĎäijžāNŮāņęäžāāNṭéIJĀęęĀđgęĠRęęŁZæäüçZĎæṬṛæNǫāŌžāŌNæŁRāņęäžā.
 æŁŮéĀĒæŁŚäzněIJĀęęĀžṭāđZçZĎæṬṛæNǫ, æŁŮéĀĒæŁŚäzněIJĀęęĀžZāRŸæŁŚäznčZĎçñŮçṬč.

LeCunèòdäyẏæIJẏāZlāņęązāçŽDæIJæiēāIJlèGłçZŚçlćāņęązāäyŌāNŁçZŚçlćāņęązā. āZāyẏāřzāžŌçřřaijẏāNŪāņę
āČRæYřēŽNçşȚȳLçŽDæÍsaçČ. āřzāžŌçZŚçlćāņęązāēĀÑēlĀēfZāyĭāŁqæAřéGRāřsærTē; Čāulāđg, āČRæYřēŽNçşȚȳ
ēĀNāřzāžŌèGłçZŚçlćāņęązāēĀÑēlĀēfZāZāNȚȳĭæāũæIJnæRŘä; ŽçŽDäŁqæAřéGRāřsærZtāyẏāulāđg,
āČRæYřçIJşæņççŽDèŽNçşȚ. ēfZāyĭāyŪçȚNäyNæYřāōNāĒlāRřécDætNçŽD, āzşāyNæYřāōNāĒlēZŘæIJžçŽD,
æLĀāzēāIJlæIJLéZŘçŽDæāũæIJnāyN, æLŚāznēIJĀēçAř; āRřēČ; āđŽçŽDäŁqæAřāŌzāĒNæIJNēfZæāũçŽDäyNçqāōāŌ

æIJĀāŘŎ, árʒæŽžěČ;čŽDčŘĚěőžä;IæŮgæŸřčřčijž, æIJžāŽlāņēāžāčŘĚěőžæĽŮěĀĚžžāūěæŽžěČ;čŘĚěőžāIJĀæI.
ěřŽžžŽžāžNæČĚěČ;āĀijā;ŮæĽSžžñæIJšā;Ě.

A æIJžāŽlāņēāzāçŽĎāŖŠāsŤāŌEçĪŃ

āzŧāzĭ	āžŃāzŭ	æŬúæIJ§
1949āzŧ	HebbāšžāžŌçēđçžŖāĤÇçŖĒāņēæŖŖHebbāņēāžāēğĎāĻŽ	āšžçāĀāēāāŌŽçŤçĶçĈĻæŬúæIJ§
1950āzŧ	Alan Mathison TuringāĻŽēĀāžēĒāŽçĀŧæŧŃērŧ	
1956āzŧ	John McCarthy, Claude ShannonçŋLāžž æŖŖāĠžāĀIJāžžāūēæŽžēČĭ (Artificial Intelligence)āĀĪ	
1957āzŧ	Frank RosenblattēōçēōqāĠžāžEçññāyĀāyĭ ēōqçōŬæIJžçēđçžŖçĭŠçžIJāĤĀĤāĤæĎšçšēæIJž (The Perceptron)	
1956āzŧ	Arthur SamuelāŖŠæŸŌāĀIJæIJžāŽlāņēāzāāĀĪ(Machine Learning)ēĤŽāyĭēŋ, āžŭāžēāžŬāijĀāŖŠçžĎēēĤæŧŃēūšæçŃçĪŃāžŖæĻŠēēāžēĒāŧŧæŬúçžĎēēĤæŧŃæçŃāđğāyĻ	
1967āzŧ	kæIJĀēĤŠēČžāĻĒçšžçōŬæšŧ(KNN)āĠžçŌŕ	
āĀIJæžđāyŋāĻNçžĎāĒŭēĪžæŬúæIJ§ĭĭž20āyŬçžĭ60āzŧāzçāyŋāŖŭāĻŕ70āzŧāzçæIJŋ		
1980āzŧ	āNqāĒĒāšžæçĒēŽĒāđğāņē(CMU)āŖŋāijĀāžē çññāyĀāšĻæIJžāŽlāņēāzāāŽçēŽĒçāŧēōĭāijŽ	ēĠNæŃĭāyŋæŋāđŊāĒŧæŬúæIJ§
1984āzŧ	BreimançŋLāžžæŖŖāĠžāĻĒçšžāyŌāžđāŧŧŠæāŠ(CART)	
1986āzŧ	āžçēŽĒæĀğæĪçāĤŬMachine LearningāĻŽāĻĻ	
1986āzŧ	RumelhartāŠŃMcClellandāyžēçŬçžĎçğŠāņēāōŭ æŖŖāĠžBPçēđçžŖçĭŠçžIJ	
1989āzŧ	Yann LeCunāĪĭēŧĭāŕŧāōđēĭŃāōđāŕšāijĀāğŊāçŧĪ āŊŭçğŕçēđçžŖçĭŠçžIJ(CNN)ēŕĒāĻŋæĻŃāĒēžæŧŕāŋŬ	çŌŕāzçæIJžāŽlāņēāzāāŽçēŽĒçāŧēōĭāijŽæĻŖāđŊæŬúæIJ§
1995āzŧ	Vladimir VapnikæŖŖāĠžæŧŕæŋāāŖŠēĠŖæIJž(SVM)	
1995āzŧ	FreundāŠŃschapireæŖŖāĠžāžēĒ AdaBoostçōŬæšŧ	
1997āzŧ	āçĭçŌŕçēđçžŖçĭŠçžIJ(RNN)æŖŖāĠžž	
2000āzŧ	æŧĀāçāņēāžāæŬžæšŧ(Manifold Learning)āĪĪ ScienceāyĻēčŋæŖŖāĠžž, çŌŕāzçāžŧçŧĭāŋĒāŖŋIsomapāĀĀĻĒāĀPCA	
2001āzŧ	BreimanæŖŖāĠžēŽŖæIJžæçōæđŬ(Random Forest)	
2006āzŧ	HintonçŋLāžžāĪĪScienceāyĻæŖŖāĠžāžēĒāyĀçğŋ ēōŋçžČæŭšāsČçēđçžŖçĭŠçžIJçžĎæŬžæšŧ	āđğæŧĭāĒĻēĻŠāŖŠāsŧæŬúæIJ§
2010āzŧ	Leslie ValiantāžāPACçŖĒēōžēŌŭāçŬāžçĀŧāēŬ	
2011āzŧ	Judea PearlāžāæçČçŌĠāžçāĭāđŊēŌŭāçŬāžçĀŧāēŬ	
2012āzŧ	HintonāŕŖçžĎāŖŠæŸŌçžĎæŭšāžēāŊŭçğŕçēđçžŖçĭŠçžIJ AlexNetēçŬāĒĻāĪĪāžçāČŖāĻĒçšžēŬōēçŸāyĻāŖŬāžçæĻŖāĻš	
2014āzŧ	Lan.J.GoodfellowçŋLāžžæŖŖāĠžžGAN	
2017āzŧ	AlphaGoāĻŸēČIJæšŕæŧĀ	
2019āzŧ	Geoffrey E HintonāĀYann LeCunāĀYoshua Bengio āžāāĪĭæŭšāžēāņēāžāæŬžēĪççžĎēŧçŧŊōēŌŭāçŬāžçĀŧāēŬ	

- [1] GoogleTrend. æIJžāŽlāņęăžă - æŌććć - google ðŭNâL£. https://trends.google.com/trends/explore?date=all&q=%2Fm%2F01hyh_.
- [2] EncyclopÆdiaBritannica. Arthur samuel | american computer scientist | britannica. <https://www.britannica.com/biography/Arthur-Samuel>.
- [3] IEEEComputerSociety. Arthur samuel | iee computer society. <https://www.computer.org/profiles/arthur-samuel>.
- [4] John McCarthy. A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence. <https://www.computer.org/profiles/arthur-samuel>.
- [5] Silver D. Huang A. Maddison C. et al. Mastering the game of go with deep neural networks and tree search. *Nature*, 529:484–489, 2016.
- [6] Alan M. Turing. *Computing Machinery and Intelligence*, pages 23–65. Springer Netherlands, Dordrecht, 2009.
- [7] David Goldberg, David Nichols, Brian M. Oki, and Douglas Terry. Using collaborative filtering to Weave an Information tapestry. *Communications of the ACM*, 1992.
- [8] Emmanuel J. Candès and Terence Tao. The power of convex relaxation: Near-optimal matrix completion. *IEEE Transactions on Information Theory*, 2010.
- [9] Brian Eriksson, Laura Balzano, and Robert Nowak. High-rank matrix completion. In *Journal of Machine Learning Research*, 2012.
- [10] Emmanuel J. Candès and Benjamin Recht. Exact matrix completion via convex optimization. *Foundations of Computational Mathematics*, 2009.
- [11] Benjamin Recht. A simpler approach to matrix completion. *Journal of Machine Learning Research*, 2011.
- [12] Dmitry Yarotsky. Error bounds for approximations with deep ReLU networks. *Neural Networks*, 2017.
- [13] Vladimir Vapnik, Esther Levin, and Yann Le Cun. Measuring the VC-Dimension of a Learning Machine. *Neural Computation*, 1994.
- [14] Geoffrey Hinton and Yann LeCun. Turing award lecture "the deep learning revolution". <https://www.youtube.com/watch?v=VsnQf7exv5I>.
- [15] Adam Kosioerek, Sara Sabour, Yee Whye Teh, and Geoffrey E Hinton. Stacked capsule autoencoders. In *Advances in Neural Information Processing Systems*, pages 15486–15496, 2019.
- [16] Alexandre B Tsybakov. *Introduction to nonparametric estimation*. Springer Science & Business Media, 2008.
- [17] Matteo Hessel, Joseph Modayil, Hado van Hasselt, Tom Schaul, Georg Ostrovski, Will Dabney, Dan Horgan, Bilal Piot, Mohammad Azar, and David Silver. Rainbow: Combining improvements in deep reinforcement learning, 2017.
- [18] áŚlâ£ŬâÑŌ. æIJžāŽlāņęăžă. æÿĒâÑŌăđğâņęăĠžçĒĒĸđĲ, 2016.
- [19] Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville. *Deep Learning*. The MIT Press, 2016.