

9714190 - p

# 3  $\pi \left( \mathcal{S}, \mathcal{I} \right)$

1. Half Space classifier
  2. Support Vector Machines (SVM)
  3. Logistic Regression
  4. Nearest Neighbor
  5. Classification Trees (part I)

၁၂၃

הקוויים יוצרים צורה של מלבן.

:  $X = R^d S_{1,1} u$  für 1,2,3 - Regression (1)

$y = R$  : ריבועי גזירה

$y = \{1, \dots, k\} : \text{a set of } n \text{ elements}$

## : classification (2)

$X = \mathbb{R}^d$  ንግድ ነው የ  $N$  : ርጻታ በዚህ የ  $\mathbb{R}^d$

רְגִזְעַן כָּלֵב יְהוָה בְּנֵי יִשְׂרָאֵל וְיַעֲשֶׂה כַּאֲמִתָּה שֶׁיְהוָה צְדָקָה בְּנֵי יִשְׂרָאֵל

לכתחילה גנבהו מילא חזרה:

## כָּלְבָּר וַיְמַלֵּח

$$L_S(h) := \sum_{i=1}^n \mathbb{1}_{y_i \neq h(x_i)} = |\{i \mid y_i \neq h(x_i)\}|$$

: ۱۰۰۰ ۱۰۰۰

... הַלְּבָדִים קָרְבָּנִים וְעֵגֶלֶת פְּנֵי שָׁמָן : १३

לעומת הניסיון הצעיר והבלתי מושג של המבקרים, מילא אולריך את תפקידו.

...lets like myself have to act.

(1) በዚህ የሚከተሉት ስምዎች እና የሚከተሉት ስምዎች በዚህ የሚከተሉት ስምዎች እና

የመሆኑን የሚያስተካክለውን ስራውን በመሆኑን የሚያስተካክለውን ስራውን እንደሆነ

- 1 - N 201. 371116

$y = -1$  no effect,  $y = 1$  effect

•  $\text{IF } h(x) \geq 0 \text{ תחילה } \hat{y} = 1$  •  $\text{IF } h(x) < 0 \text{ תחילה } \hat{y} = -1$  :

•  $\text{IF } h(x) \geq 0 \text{ תחילה } \hat{y} = 1$  •  $\text{IF } h(x) < 0 \text{ תחילה } \hat{y} = -1$  :

•  $\text{IF } h(x) \geq 0 \text{ תחילה } \hat{y} = 1$  •  $\text{IF } h(x) < 0 \text{ תחילה } \hat{y} = -1$  :

-  $\text{IF } h(x) \geq 0 \text{ תחילה } \hat{y} = 1$  •  $\text{IF } h(x) < 0 \text{ תחילה } \hat{y} = -1$  :

•  $\text{IF } h(x) \geq 0 \text{ תחילה } \hat{y} = 1$  •  $\text{IF } h(x) < 0 \text{ תחילה } \hat{y} = -1$  :

Type I error  $\rightarrow$   $\text{IF } h(x) \geq 0 \text{ תחילה } \hat{y} = 1$  •  $\text{IF } h(x) < 0 \text{ תחילה } \hat{y} = -1$  :

•  $\text{IF } h(x) \geq 0 \text{ תחילה } \hat{y} = 1$  •  $\text{IF } h(x) < 0 \text{ תחילה } \hat{y} = -1$  :

•  $\text{IF } h(x) \geq 0 \text{ תחילה } \hat{y} = 1$  •  $\text{IF } h(x) < 0 \text{ תחילה } \hat{y} = -1$  :

•  $\text{IF } h(x) \geq 0 \text{ תחילה } \hat{y} = 1$  •  $\text{IF } h(x) < 0 \text{ תחילה } \hat{y} = -1$  :

•  $\text{IF } h(x) \geq 0 \text{ תחילה } \hat{y} = 1$  •  $\text{IF } h(x) < 0 \text{ תחילה } \hat{y} = -1$  :

•  $\text{IF } h(x) \geq 0 \text{ תחילה } \hat{y} = 1$  •  $\text{IF } h(x) < 0 \text{ תחילה } \hat{y} = -1$  :

•  $\text{IF } h(x) \geq 0 \text{ תחילה } \hat{y} = 1$  •  $\text{IF } h(x) < 0 \text{ תחילה } \hat{y} = -1$  :

( $1 : -1$  תחילה)  $\rightarrow$  Type I error

[ $\text{IF } h(x) \geq 0 \text{ תחילה } \hat{y} = 1$  •  $\text{IF } h(x) < 0 \text{ תחילה } \hat{y} = -1$ ]

("effect")  $\hat{y} = 1$  , (no effect)  $\hat{y} = -1$  : IF  $\star$

:  $\text{IF } h(x), \hat{y} = 1 \text{ תחילה } \hat{y} = 1$  •  $\text{IF } h(x), \hat{y} = -1 \text{ תחילה } \hat{y} = -1$  :

true negative :  $\hat{y} = -1$   $\text{IF } h(x)$

false positive :  $\hat{y} = 1$

:  $\text{IF } h(x), \hat{y} = 1 \text{ תחילה } \hat{y} = 1$  •  $\text{IF } h(x), \hat{y} = -1 \text{ תחילה } \hat{y} = -1$  :

false negative :  $\hat{y} = -1$   $\text{IF } h(x)$

true positive :  $\hat{y} = 1$

Negatives  $\rightarrow \hat{y} = N$  , positives  $\rightarrow \hat{y} = P$  : IF  $\star$

false positive  $\rightarrow \hat{y} = FP$  , true positive  $\rightarrow \hat{y} = TP$

false negative  $\rightarrow \hat{y} = FN$  , true negative  $\rightarrow \hat{y} = TN$

Error rate :  $\frac{(FP + FN)}{P + N} \Rightarrow L_S(h) \text{ IN}$  : 2.3.1 SlC

Accuracy :  $\frac{(TP + TN)}{P + N}$

$$\text{Precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}}$$

Recall (Sensitivity / True Positive Rate):  $\frac{TP}{P}$

Specificity:  $\frac{TN}{N}$

False positive rate:  $\frac{FP}{N}$

አንድ በኋላ ስምምነት ነው : (ንግዴን ስምም) Decision Boundary

$$X \sim N(\mu, \sigma^2) \quad \{x \mid h(x) = 1\}, \{x \mid h(x) = -1\}$$

• FN, TN, FP, TP are the four types

הנ' גרכ' נבנ' נבנ' גרכ' גרכ'

What's like is

? $x \in X$  ו $\forall s \in S$   $s(x) \in f^{-1}(f(s))$  כלומר  $s(x) = s$ ,  $s \in f^{-1}(f(s))$   $\Rightarrow$   $f^{-1}(f(s)) = \{s\}$

interpretable ဆိုတဲ့ ဒါ အမြန် ပါ။

? estimated class probabilities  $p_{\text{class}}(x \mid p_i)$  ↗

? p.(3IN) 1730P 17P13NE 11C 3,01 L73 3IN, P67 .8

?  $\int_{\text{J}}^{\text{J}}$  'z(k) endisr n3, datasets 1.5.1c 1, 4/120 .9

## Half space classifier 1

1. **DEFINITION**: A function  $f: \mathbb{R}^d \rightarrow \mathbb{R}$  is called convex if for all  $x, y \in \mathbb{R}^d$  and  $\lambda \in [0, 1]$ , we have  $f(\lambda x + (1-\lambda)y) \leq \lambda f(x) + (1-\lambda)f(y)$ .

$\pm 1$  גילון בוגר,  $h_w(x) = \text{sign}(\langle x, w \rangle + b)$  : הגדיר גילון!!

Ac signs were b. (none -1, w 13%) and 33% (c) pl 1)

ב) כוונתי נספחים. מילויים נספחים (בכונען).

לכון מילויים

$$\mathcal{H}_{\text{half}} = \{ h_w l \mid w \in \mathbb{R}^d \} : \rightarrow \mathbb{R}^{n_w}$$

$y_i \cdot \text{Sign}(\langle x, w \rangle) > 0$  : Յստի վեճը թերյան է ուղղված լուրջին . 2

: misclassification error  $\rightarrow$  Encls, ps

$$L_S(h\omega) = \#\{i \mid y_i \cdot \text{sign}(\langle x, \omega_i \rangle) > 0\}$$

$L_S(h_w) = 0$  if  $w$  is linearly separable  $\hookrightarrow S=0$  iff

רנבר. MER=0.12% ו- 1.2% שיפר גסן פונטן ו- 1.3% סט

(MER $\neq$ 0, linearly separable  $\Rightarrow$   $\pi_0 \leq \pi_1$ ) . ERM  $\rightarrow$   $\pi_0 \leq \pi_1$

? AND PIPE W AND LONG JAC .3

$y_i \cdot \text{sign}(x_i; w) = 1 \Leftrightarrow y_i \cdot \langle x_i, w \rangle > 0$  : e. i. npj. x<sub>i</sub> ∈ C.

JNP 'kəʊn 33) nc 7N) sc

• *the specific type of protein produced by each cell*

• גז עטוף ו גז מוגן אל תוךו, כלומר  $x_i \cdot \langle x_i, w \rangle$

תקווים לתאריך מ' ינואר. (זאת מלה כוונתנו מינכם)

$$\cdot y_i \cdot \langle x_i, w \rangle > 0 \Leftrightarrow y_i \cdot \langle x_i, w_0 \rangle \geq 1 \quad \therefore \text{পুরুষ জনগোষ্ঠী}$$

• **ט' ראה נאכ' ?**

# (מינימיזציה) Convex Optimization

minimize  $f_0(x)$

$\lambda \in \mathbb{R}^d$   $\{f_N \in \mathcal{S}(S, N, G)\} \subset \Lambda \mathcal{P}$

subject to  $f_i(x) \leq b_i \quad i \in [n]$

$\mathbb{R}^d \rightarrow$  הינה קבוצת כל  $x \in \mathbb{R}^d$  כך  $f(x)$  מוגדר. נסמן ב- $\text{dom}(f)$ .

$$f(\alpha x + \beta z) = \alpha \cdot f(x) + \beta \cdot f(z) \quad \because p_1, p_2 \in V$$

$$x, z \in \text{dom}(f) - ! \quad \alpha, \beta \in \mathbb{R} \quad 68$$

לעתה נוכיח ש  $\lim_{n \rightarrow \infty} f_n(x) = f(x)$  ב- $\mathbb{R}$ .

• If  $\exists$ ,  $\forall$   $\exists$ ,  $\forall$   $\forall$

מארך ורל גולדמיינץ: מארך ורל גולדמיינץ נושא של שאלות?

רוכב. מינימיזציה של פונקציית ה- $\ell_1$  (ליניארי) - feasibility linear program PEP (ליניארי פולינומי)  
המגדיר את המינימיזציה של סכום מוחלטים של מרכיבים, כלומר  $\sum |x_i|$ , כאשר  $x \in \mathbb{R}^n$ .  
Perceptron Algorithm להלן.

הטעות בקטגוריזציה:  $H_{half}$  מינימיזז'

## 2 Support Vector Machines (SVM)

לעומת מינימום המרחקים מוקם בפונקציית האנרגיה  $E = \frac{1}{2} \sum_{i,j} w_{ij} d(x_i, x_j)^2$

$$d(x, \cup) = |\langle w, x \rangle| : s \in S, \|w\| = 1 \quad \rho \in \Sigma_N$$

מינימיזציה של פונקציית האנרגיה (Energy Function) על מנת למצוא מינימום局部分析 (Local Minima) וקטור תמיכת מינימום (Support Vector) מינימום גלובלי (Global Minimum)

- Max margin : Margin 1176 : Hard SVM

প্রীতির অন্তর্ভুক্ত কোণের নাম কী? linearly separable কী? ①

$$\arg \max_{\mathbf{w}: \|\mathbf{w}\|=1} \min_{i \in [m]} |\langle \mathbf{w}, \mathbf{x}_i \rangle| \text{ s.t. } \forall i: y_i \langle \mathbf{w}, \mathbf{x}_i \rangle > 0 : \text{NIP rule}$$

$\underset{w}{\operatorname{argmin}} \|w\|^2$  s.t.  $\forall i: y_i \langle w, x_i \rangle \geq 1$

• (QP) הנִזְקָן ניכר בהנִזְקָן כהנִזְקָן בהנִזְקָן

הנראים גורם לכך שפונקציית  $f_0$  מוגדרת כפונקציה רציפה.

•  $P_1 \cap P_2 \neq \emptyset$

: linearly separable (e.g. XOR): Soft-SVM

$$\arg \min_{w, \xi} \left( \lambda \|w\|^2 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \xi_i \right) \quad : \text{p. 15. 12 例 2)$$

$$s.t \quad \forall i: y_i \langle w, x_i \rangle \geq 1 - \xi_i \quad \text{and} \quad \xi_i \geq 0$$

- margin - מרווח בין שורה לשלישית ו-4
  - margin-top - מרווח בין שורה לשלישית ו-1
  - margin-bottom - מרווח בין שלישית ו-4 לשלישית ו-1
  - margin-left - מרווח בין שלישית ו-1 לשלישית ו-2
  - margin-right - מרווח בין שלישית ו-2 לשלישית ו-3

• Tradeoff between  $\|w\|^2$  and  $\text{err}(w)$ .

• ר' ינאי אמר  $\sum$  - ס ר' ינאי ור' ינאי, ס - קידוש ל פ' ינאי.

• (உரை வலைக் க்ஷ)

function  $f$  is  $\sum_{n \in \mathbb{N}} f(n)$ , where  $f$  is a function from  $\mathbb{N}$  to  $\mathbb{R}$ .

•  $\exists \text{ coin } n_0 \text{ s.t. } \forall p \in C - e \text{ do } \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m g_i \leq c \in \mathbb{R}$  if  $i > n_0$

כ, פירא  $\lambda$  ציפ' פירנס ל' מודען קיןsoft SVM ↵

• variance - bias : tradeoff if  $\rho \neq 0$

: PJCJG

H<sub>half</sub><sub>sun</sub> : ~~ԱՆՁԻՇ ԱՌՈՅ~~

## Quadratic Programming : Linn

: 103 p 813 f 1. (12)

$c \in [0, \infty)$  if  $w$ ,  $\lambda \in [0, \infty)$  if  $\lambda \geq 0$ ,  $p \in \mathbb{R}$  and  $b \in \mathbb{R}$

$w, b$  : binary values

baseline  $\rightarrow p = 0.5$ : equal class

kernelization profile rule -  $\|x_i - x_j\|_2^2$

( $x_i$  query point dataset  $|x_i\rangle$ )

### 3 Logistic Regression

$$y_i = \langle x_i, w \rangle + z_i \quad : \text{linear function}$$

$$y_i \sim N(\langle x_i, w \rangle, \sigma^2) : \text{Gaussian distribution}$$

$y = \{0, 1\} : \text{probabilistic output}$  (0.5: 0.5)

0.5: 0.5,  $p_i = \Pr(y_i = 1) : \text{probability}$

( $0 \leq p_i \leq 1 : 0$ )  $p_i = \langle x_i, w \rangle : \text{linear function}$ ,  $x_i \in \mathbb{R}^d$

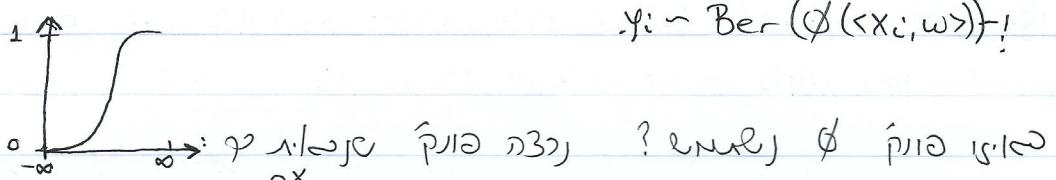
$\phi : \mathbb{R} \rightarrow (0, 1) : \text{link function}$  (logit, log-odds ratio, logit link function)

$$p_i = \phi(\langle x_i, w \rangle) \quad \in (0, 1). \text{ Given } \phi \text{ is strictly increasing, } w \in \mathbb{R}^{d+1};$$

$x = (1, x_1, \dots, x_d), w = (w_0, \dots, w_d) \in \mathbb{R}^{d+1} : \text{parameters}$

Given  $\{y_i\}$  we want to find  $w$  that maximizes the likelihood function

$$y_i \sim \text{Ber}(\phi(\langle x_i, w \rangle))$$



$$\pi(x) = \frac{e^x}{1 + e^x} : \text{Sigmoid function}$$

$(0, 1) \subset \pi : (-\infty, \infty) \subset \text{Im}(\pi)$

Probability density function

$$H_{\text{logistic}}^d = \{x \mapsto \pi(\langle x, w \rangle)\} : \text{logistic hypothesis}$$

such that ...  $\text{Im}(\pi) \in \{0, 1\}$  if  $\text{Im}(\pi) = [0, 1] : \text{if } w \neq 0$

$w \in \mathbb{R}^d$  is the parameter vector

(maximum likelihood)  $\max_w \prod_i \pi(\langle x_i, w \rangle)^{y_i} (1 - \pi(\langle x_i, w \rangle))^{1-y_i}$

$\therefore \text{Prob}(Y=y | w) = \prod_{i=1}^m p_i(w)^{y_i} (1 - p_i(w))^{1-y_i}$

$$p_i = \pi(\langle x_i, w \rangle) = \frac{\exp(\langle x_i, w \rangle)}{1 + \exp(\langle x_i, w \rangle)}$$

הנתקה מפונקציית האנרגיה כפונקציית האנרגיה של מודל ליניארי.

$$L(w|y) = \prod_{i=1}^m p_i(w)^{y_i} (1-p_i(w))^{1-y_i}$$

$\log L(w|y)$ alc נקראת  $L(w|y)$ alc פונקציית הסתברות האנרגיה.

$$\begin{aligned} l(w|y) &= \sum_{i=1}^m y_i \log p_i(w) + (1-y_i) \log (1-p_i(w)) = \\ &= \sum_{i=1}^m y_i \log \left( \frac{e^{\beta_i}}{1+e^{\beta_i}} \right) (1-y_i) \log \left( \frac{1}{1+e^{\beta_i}} \right) = \\ &= \sum_{i=1}^m y_i \beta_i - \log (1+e^{\beta_i}) = \\ &= \sum_{i=1}^m y_i \langle x_i, w \rangle - \log (1+e^{\langle x_i, w \rangle}) \end{aligned}$$

השאלה היא מהו מינימום של  $l(w|y)$ ? מינימום מושג על ידי  $\nabla l(w|y) = 0$ .  
השאלה היא מהו מינימום מושג על ידי  $\nabla l(w|y) = 0$ .

...ב, ב', ב'', ב''' ...  
glmnet מושג על ידי מינימום של  $\lambda \|\beta\|_1 + \text{loss}(y, X\beta)$ .

המשמעות של מינימום זה: Interpretability (הוילטibility).

המשמעות של מינימום זה: מינימום מושג על ידי מינימום של  $\lambda \|\beta\|_1 + \text{loss}(y, X\beta)$ .

המשמעות של מינימום זה: מינימום מושג על ידי מינימום של  $\lambda \|\beta\|_1 + \text{loss}(y, X\beta)$ .

$h_{\hat{w}}$ :  $\text{Pr}(\langle x, \hat{w} \rangle)$ alc מינימום מושג על ידי מינימום של  $\lambda \|\beta\|_1 + \text{loss}(y, X\beta)$ .

אנו נזכיר נספח נייר וcutoff מינימלי.

$$\hat{y} := \begin{cases} 1 & h(x) > \alpha \\ 0 & h(x) \leq \alpha \end{cases}$$

לפניהם נקבעו גבולות (threshold) על מנת לחלקם בין מוגדרים לא-מוגדרים.

$$\lambda P^n - 1, \lambda^{\frac{1}{n}} = 0 \quad (ii)$$

FP, TP, FN, FP<sub>2</sub>, P<sub>1</sub>, NFE, LHO, MECB, P17, & 1 PC (\*)

(d<sub>11</sub>) true positive rate : pp tradeoff ← ↗

(דנוד) false positive rate -! : ROC curve

$(x, y) = (FPR, TPR)$  1, p on 111 1/c, 135 (111), tradeoff-p 11235 · 30 ·

(tradeoff)  $P_{\text{BINS}}^{\text{min}}$  י.פ. מינימום אל מושג, פולור ד-פ אל פ

רְשָׁוָא בְּמִזְבֵּחַ הַמִּזְבֵּחַ וְבְמִזְבֵּחַ הַמִּזְבֵּחַ

•  $\int_a^b f(x) dx$  is the area under the curve  $f(x)$  between  $x=a$  and  $x=b$ .

:PDS

$$H_{\text{logistic}}^d = \left\{ x \mapsto \pi(\langle x, \omega \rangle) \right\}$$

maximum likelihood

## נמקה והפכיה

: 03. N 110pb

לוג-לייליקס  $\log\text{-likelihood}$

$$P_{\text{top}}(N) = \mathcal{Q}_{\text{IN},N}$$

• *fibonacci, jlc, ls algorithms* solver er

$\lambda \in (0, 1)$  使得  $\hat{y} := \mathbb{1}_{h(x) > \lambda}$  为一个正确的分类器

ROC curve  $\rightarrow$  If  $P$  is some cutoff  $\rightarrow$

fitted regression coefficients  $\hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_p$ : Interpreability

like  $\text{softmax}(x)$ ,  $p$  : estimated class probabilities

የመሬት ተናግኝ የዚህ አገልግሎት የሚከተሉ ስርዓት የሚከተሉ ስርዓት የሚከተሉ ስርዓት

وَ زِيَادَةُ الْمَلَكِ : بَشِّرَنَا الْمَلَكُ يَوْمَ الْقِيَامَةِ

-> NC vks jstw. JNJ variance R<sub>eff</sub> 10% : entj in

use linear rule as follows decision boundary

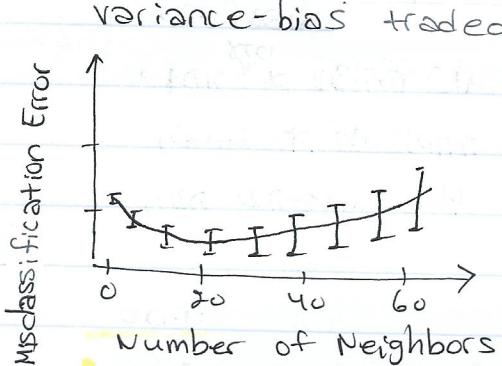
## 4 Nearest Neighbors:

לכינס פירט נסינע לאס . פינטס דהו הילס לאטראן אפרן יפהן פירט נסינע לאס .

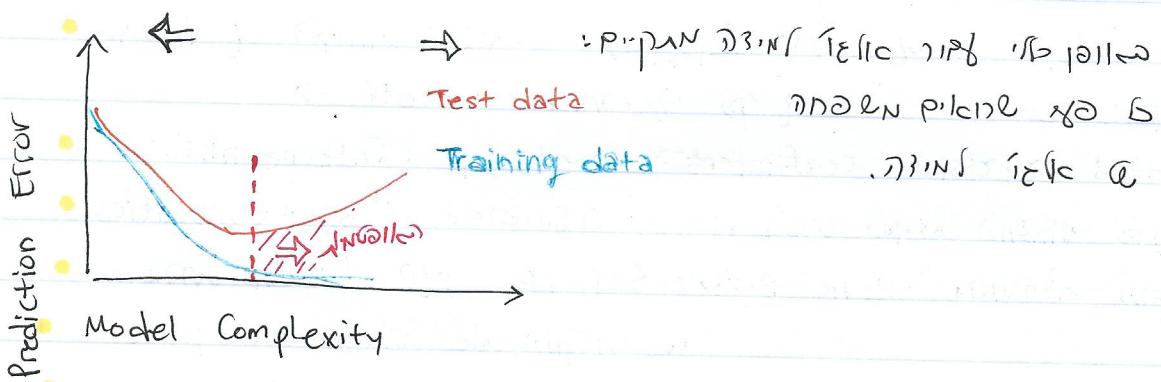
K-Nearest-Neighbors. אלIGO ALISIM WJ 1013 FALC, ALGO KNNER UN ALG  
 • ALG UN, K-ALGO, K LS 3NLC, 3NLC TEGE AL ALGO UN

הנ'  $\int_{\Omega} f(x) dx = \int_{\Omega} g(x) dx$  אם ורק אם  $f = g$  ב- $L^1(\Omega)$ .

? תְּמִימָה וְלִבְנָה וְלִבְנָה תְּמִימָה



- high bias                          low bias
  - low variance                      high variance



( $x \in \mathcal{X}$ ,  $x_i \in \mathcal{P}_N$ )  $p(x, x_i)$   $\propto$   $p_{\text{exp}}$ : brute force.

• Recursion  $\rightarrow$  Divide & Conquer  $\rightarrow$   $O(m^2)$   $\Leftarrow$  NP

רַעֲמָגְלָה נִזְבְּנָה, הַמִּסְמֶכֶת רַעֲמָגְלָה : preprocessed data structure .

(Kd-tree)  $P_{(j+1)} \cup P_{(j)}$   $P_{(k-1)} \cup P_{(k)}$   $P_{(l-1)} \cup P_{(l)}$

- S 6 NC P/PNP WIC UNWJ SCI

- 올린 이미지가 표준화된 형태로 처리되는 과정을 표준화된 형태로 처리하는 K-NN 알고리즘이다.

: PN'0

## NUMBERS (ENGLISH)

. 11c : 13, N(1) 112186

15.117 13c) { 1313 1311 Kd-trees , brute force : 1313

רְפָנִים וְנַסְתְּרָה מֵעֶמֶק, בְּשִׁין כְּבָשָׂתְּכָרְבָּן? Interpretable

רִירְיוֹן תַּחַת רַבָּלָה וְלֹא בְּפָנָיו

.lcf : Estimated Class Probabilities

K- $\Sigma$  pion,  $\mu$  ? nucleon

• BIN 1/c,  $\tilde{S}$  6 1/c ?ZINE, IN

ଦୋଷ . ଏକାମ୍ବର ପିଲା , ନଗିଳା ଫୀ , ପଢ଼ ପଥ୍ୟାଳୀ କିମ୍ବା ? ଏକାମ୍ବର

גַּם כֵּן כְּלֹתָה אֲמִתָּה וְאֶתְנָתָן יְהוָה.

## 5 Classification Trees (Part I):

## (Random Forest 102) classification trees & fork

תעלת מילון נסוחה (לימודים אוניברסיטאיים) ותוכנת הדרישה (התקנים והתקנים).

(המ סעדי ג' 31 נסיך ג' כרך יב, ערך ג' פ' 11). י. ד. קדרון

: people סְבִּרְכָּה 36. ס' 110.

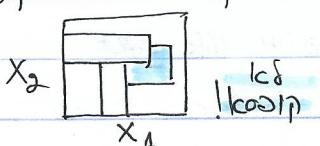
(Growing) .15נ הילענ נ  33נ (1)

(Bagging) .78 .73" if p.36 foliof.30 bagging large round embossed 1.1c (3)

לעומת זה, בפונקציית  $\text{box}$ , מושג האב-הבן מוגדר כ一颗子集 - Tree partition

በዚህ የሚከተሉት ስምዎች አንቀጽ ተስፋል (የአዲስ አበባ) የሚከተሉት ስምዎች አንቀጽ ተስፋል (የአዲስ አበባ)

כ. נסיגת המרחב מ- $\mathbb{R}^d$  אל מרחב ג'וננסון.



לכונת גדרה נסודים, וננחים

$\vdash \text{LENF} \vdash \text{next\_node} \Leftarrow \text{parent} \in \text{left}(\ast)$

• מנגנון החלטה פורטלי מודולרי של **Decision Trees** • מנגנון החלטה פורטלי מודולרי של **Decision Trees** • מנגנון החלטה פורטלי מודולרי של **Decision Trees**

ר' מילר סיכם,  $B_j$  הינם סכום של  $c_j \in \{0, 1\}$  מ- $\{1, \dots, N\}$ .  $\mathbb{R}^N = \bigcup_{j=1}^N B_j$  סיכום

$$h(x) = \sum_{j=1}^N c_j \mathbb{1}_{B_j}(x)$$

ההעתקה מפונקציית:

HCT: מינימיזציה של נזק

HCT מינימיזציה של נזק פונקציית נזק

אנו מילא את הדרישה, כי אם  $h \in HCT$  אז  $\hat{h} \in HCT$

ההעתקה מפונקציית נזק, קיימת  $\hat{h}$  מילא את הדרישה

ההעתקה מפונקציית נזק, מילא את הדרישה

Overfit - מילא את הדרישה (כדי שפונקציית נזק תהיה מילא את הדרישה)

Argmin.  $h \in HCT$

וונדר (שופן ווון ווון) קיימת סול

Np-Hard

(interpretable - !) מילא את הדרישה

(אנו מילא את הדרישה) מילא את הדרישה (אנו מילא את הדרישה)

: Np-Hard. מילא את הדרישה, מילא את הדרישה

(מילא את הדרישה) מילא את הדרישה (מילא את הדרישה)

• מילא את הדרישה (מילא את הדרישה)

C.S.D., ID3 : greedy top down מילא את הדרישה

(CART) Classification and Regression Trees מילא את הדרישה מילא את הדרישה

• מילא את הדרישה מילא את הדרישה

מילא את הדרישה (מילא את הדרישה)

• מילא את הדרישה (מילא את הדרישה)

. מילא את הדרישה (מילא את הדרישה)

CART מילא את הדרישה

: CART מילא את הדרישה

? interpretable plan? plan για .3  
τιλιντες προγραμματισμού σχεδιασμού της λειτουργίας της επιχείρησης : πρόσωπα και

רְבָעַת ? נִסְעָה מִן הַמִּזְבֵּחַ וְאֶת כְּלֵי הַמִּזְבֵּחַ ?

## ပါယ်

(NP-hard). מתקדם נגזרן ERM עם פונקציית יתgel : גזירה יפה

CART 1120 Top down greedy algorithm : WINN  
השאלה מוגדרת כפונקציית נזק : Q.S.

Digitized by srujanika@gmail.com

$\hat{y} \in \{0,1\}$   $\mu_{ij}.kf$ : Estimated class probabilities

baseline • ?levels un

பாரி, நிர்மல் கூட்டுறவு

## Random Forest (ensemble)