

nice

1 ခုနှစ်

הוכן מ-train , סינון (train data) פונקציית joint

$h = \text{המונח } z \text{ כפוי ל } x$ , ו-  $z \in S$  מ- $x$  מ- $S$

→ מטרת החקיר (הנורם) היא לא *to be* אלא *to be able to be*, כלומר מטרת החקיר היא *realizability*.

בנוסף, קיימת הצעה נוספת למכירת הרכבת.

2. תרגיל

וונח  $H \Leftrightarrow$  PAC learnable וונח  $H$  אפמן:  $\Gamma_\varepsilon$

PAC learnable in expectation

A property of  $\Gamma_\varepsilon$ , PAC learnable in  $H$  אפמן  $\Leftrightarrow$   
'פונקציית  $n \geq N(\varepsilon, \delta)$ ' בראט  $\Rightarrow N(\varepsilon, \delta)$  מ- $\Gamma_\varepsilon$ ,  $\varepsilon, \delta > 0$  בראט  
 $\Pr[\text{err}_\varepsilon(A(S_n)) \leq \varepsilon] \geq 1 - \delta$  אפמן ב

בנוסף,  $n \geq N(\varepsilon, \delta)$  בראט

תוקן → מינימום

$$\begin{aligned} \mathbb{E}[\text{err}_\varepsilon(A(S_n))] &= \mathbb{E}[\text{err}_\varepsilon(A(S_n)) \mid \text{err}_\varepsilon(A(S_n)) \leq \varepsilon] + \\ &\quad \cdot \Pr[\text{err}_\varepsilon(A(S_n)) > \varepsilon] + \\ &\stackrel{\leq 1}{=} \cdot \Pr[\text{err}_\varepsilon(A(S_n)) > \varepsilon] = \\ &\stackrel{\leq \delta}{=} \\ &\leq \varepsilon \cdot 1 + 1 \cdot \delta = \varepsilon + \delta \end{aligned}$$

הוכחה

מagine  $\bar{\varepsilon}, \bar{\delta}$  מ- $\Gamma_\varepsilon$ .  $\bar{\varepsilon} + \bar{\delta} = a$  מ- $\Gamma_\varepsilon$ ,  $a \in (0, 1)$  בראט, בראט  
 $n \geq N(\bar{\varepsilon}, \bar{\delta})$  מ- $\Gamma_\varepsilon$  מ- $\Gamma_\varepsilon$

$$\mathbb{E}[\text{err}_\varepsilon(A(S_n))] \leq a$$

וונח  $H$  הוא הילג. הילג גורם לו נסיעה א

PAC learnable in expectation

A primitive of PAC learnable in expectation if  $H$  is such that  $\Rightarrow$   
exists  $N : \{0,1\} \rightarrow \mathbb{N}$  such that

PAC learnable if  $H$  is such that  $\exists A \in \mathcal{A}$  such that  $A$  is  
such that  $\bar{N} : \{0,1\} \times \{0,1\} \rightarrow \mathbb{N}$

$\Pr[\text{err}(A(s_n)) > \varepsilon] \leq \delta$  p-prob. such that  $\varepsilon, \delta \in \{0,1\}$  such that

$$\Pr[\text{err}(A(s_n)) > \varepsilon] \leq \frac{\mathbb{E}[\text{err}(A(s_n))]}{\varepsilon} \leq \frac{\alpha}{\varepsilon}$$

... מוגדרת ... מוגדרת ... מוגדרת ... מוגדרת ... מוגדרת ... מוגדרת ...

$n \geq N(\alpha) - 1$   $\alpha \in \{0,1\}$  such that  $\Pr[\text{err}(A(s_n)) > \varepsilon] \leq \delta$  such that  $\varepsilon, \delta \in \{0,1\}$  such that  $\bar{N}(\varepsilon, \delta) = N(\varepsilon, \delta)$  such that  $\alpha = \varepsilon \cdot \delta$  such that  $n \geq \bar{N}(\varepsilon, \delta)$  such that  $\varepsilon, \delta \in \{0,1\}$ .

(minimum size guarantee).

### 3 arise

$$\text{VC dim } (H_K) = 2K \rightarrow f(K)$$

\* מלבדו, פ"ג גיטות כו' ב-ט"נ רשותה מ-1925 היה לך חינוך גיטות  
הכל ה. נשאלה, אין גזירות כלכליות הרקווין כלו, ווד כמה. והי

רלוון – נס – נס 1. נס 1. נס (בונדליי).

בצ'ק גנ' קומת א' קומפ' → טחו, וט' הצע' ואכער.

\* נורמליזציה - סדרת מקדימה  $x_{m+1}, \dots, x_m$  כהינה נורמליזציה.

הנומינט מילא את תפקידו כמנהיגת ארגון אחד. מילא גם תפקידו כמנהיגת ארגון אחד.

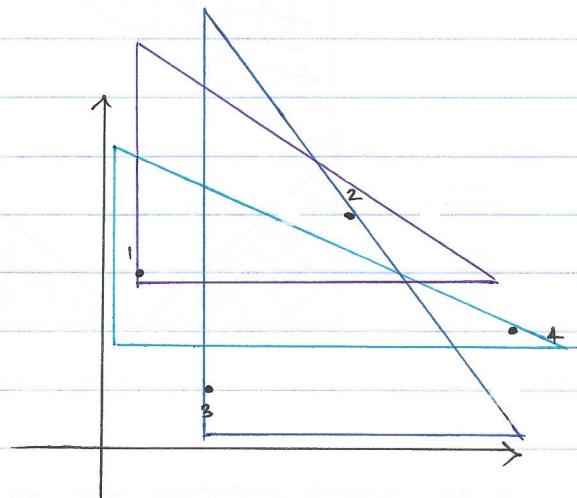
לע"מ. כוונה זו - פא. - מילוי - מילוי המורה הפלט. אם לא מלהן יתגלו מילים

איך ניתן לרשום  $\text{VC dim}(\text{H}_n) = n$ ?

4 788

$$VC\dim(H) = 4 \rightarrow \text{ffcc}$$

\* כוונתנו, נתנוון מהרוכב ונהק' הרכזה!



כלהן אונרין!

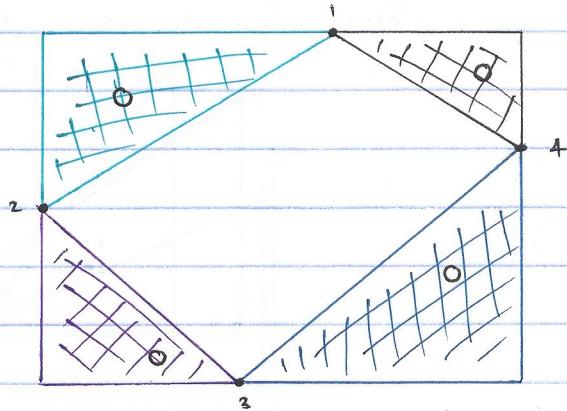
- $\text{dim } \text{ker } f = 1$ ,  $\text{dim } \text{im } f = 2$ .  $\text{ker } f = \langle (1, 0) \rangle$ ,  $\text{im } f = \langle (1, 1), (1, 2) \rangle$ .
- $\text{dim } \text{ker } f = 2$ ,  $\text{dim } \text{im } f = 1$ .  $\text{ker } f = \langle (1, 0), (0, 1) \rangle$ ,  $\text{im } f = \langle (1, 1) \rangle$ .
- $\text{dim } \text{ker } f = 3$ ,  $\text{dim } \text{im } f = 0$ .  $\text{ker } f = \mathbb{R}^2$ ,  $\text{im } f = \{0\}$ .

\* כבש נרוויה כ 9-10-5 נרוויה - פלט, נרוויה כ 9 כטבון  
אלא נרוויה כ 5 נרוויה - פלט, נרוויה כ 9 כטבון  
הנורווגים נרוויה כ 9 כטבון.

לעבון, וו' הנדרשו — מושגנו — מינרתו לא, קב' כטיג' אחים' כו' קב' קב' קב' קב'

רְבִנָה רְבִנָה

ט' י' , הדריךך נאודהך קדשוך תבנ' !



בנין ארכיטקטוני גיאומטרי (геומטרית), כמו מישר או משולש.

הנתקה מ-הנתקה

ללא  $x$ icus גאנטס  $x$  וינקה  $x$ , ואנתק  $x$ , כקורה בז'ה ויה טפי  
ג) גיר נמייל כיילן. אם  $x \rightarrow y$  מינקה  $x$  ו-  $y$  (ב), היכת גאנטס  
דו) הירק גאנטס גיר  $x$  נמייל כיילן - נמייל גיר כקורה בז'ה טפי גאנטס.

5 exercise

$$\Pr[\exists h \in H, |e_p(h) - e_s(h)| > \sqrt{\frac{1}{2|S|} \ln \frac{2K \cdot |H|}{\delta}}] \leq \frac{\delta}{K}$$

$$\Rightarrow \Pr[\exists h \in H, 1 \leq i \leq K, |e_p(h) - e_s(h)| > \dots] \leq$$

$$\underbrace{\dots}_{\text{pon}} \leq \sum_{i=1}^K \frac{\delta}{K} = K \cdot \frac{\delta}{K} = \delta$$

↑  
וניכר

הנובע מכך  $\delta \leq 1 - \gamma$

ונבון פונקציית גודל נורמליזציה, פ. 10

הוכיחו בתרגולו ס

$$\Pr[\exists h \in \tilde{H}, |e_p(h) - e_s(h)| > \varepsilon] = \Pr[\sup_{h \in \tilde{H}} |e_p(h) - e_s(h)| > \varepsilon] \leq$$

$$= 2 \cdot |\tilde{H}| \cdot e^{-n\varepsilon^2}$$

$n = |S|$

$$\textcircled{4} \quad 2 \cdot |\tilde{H}| \cdot \exp\left(-2 \cdot |S| \cdot \left(\sqrt{\frac{1}{2|S|} \cdot \ln \frac{2K \cdot |\tilde{H}|}{\delta}}\right)^2\right) = \frac{\delta}{K}$$

$\uparrow \quad \uparrow$   
 $n \quad \text{נובע מ}$

$$\exp(-\chi \varepsilon^2) \cdot \frac{1}{|S|} \cdot \ln \frac{2K \cdot |\tilde{H}|}{\delta} = \frac{\delta}{2K \cdot |\tilde{H}|}$$

$$\Rightarrow \textcircled{*} = \frac{\delta}{2K \cdot |\tilde{H}|} \cdot 2 \cdot |\tilde{H}| = \frac{\delta}{K}$$

ולבסוף  $\delta \rightarrow 0$  הכל.

רְגָנָן . ? יְהוָה S.R.M - נִמְנִימָה וּמִלְבָד בְּפִזְבָּחָה

$$e_p(\text{SRM}(S)) - e_p(h^*) \leq e_S(\text{ERM}^\epsilon(S)) + \sqrt{\frac{1}{m} \cdot \ln \frac{m \cdot (1+\epsilon)}{\delta}} - e_p(h^*)$$

↑                      ↑  
 SRM       $\rightarrow$   $\gamma_{21}$

מבחן ה-<sup>ט</sup>סנומ, 1-8 זה ה-<sup>ט</sup>סנומן?

$$\leq e_S (CRM_i + (S)) + \underbrace{\frac{1}{m} \cdot \ln \frac{m \cdot (H_i^*)}{\delta}}_{\text{info cost}} - e_S (h^*) \leq$$

PJNN SRM

10. גנום גנום

... (נובמבר ۱۹۷۶)

$$S = \text{es}(h^*) + \int_{\frac{1}{n}}^1 \ln \frac{ne - 1 + h^*}{e} - e_p(h^*) \leq$$

, 107 p info, ERM

## נקודות גאומטריות

הנזהר חומצקיין, נסן ~

$$\leq 2 \int \frac{1}{n} \ln \frac{n \cdot 10^{i+1}}{\delta} \approx \epsilon$$

## ארכזט הקורע

כלה גביה ו פירסם . → יסוד רוחני

$$\Rightarrow 2\ln(nu \cdot 1H) + 1(\delta) \leq n\varrho^2$$

$$\Rightarrow n \geq \frac{2}{\epsilon^2} \ln \frac{2K + 1 H_i + 1}{\delta}$$

וְקִזְצָר וְאֶת הַמִּזְרָחַ .

## נוה נסחים

$$e_p(h) = \mathbb{E}_p[\Delta_{z_0}(h(x), y)] = r(h) \rightarrow \text{prima resezione}$$

## וְהַלְלוּ כָּבֵד

## 1. קותחים

לעומת ה- $L_1$  ו- $L_2$ , מינימיזציית ה- $L_1$  מושגת באמצעות אלגוריתם גראדיאנט בירובלי (Gradient Descent), בעוד שאלגוריתם גראדיאנט בירובלי לא מושגת מינימיזציית ה- $L_2$ .

כפי שראינו, הדרישה היא  $\max_{y \in \{0,1\}^3}$

$$\Rightarrow h(x) = \begin{cases} 1 & x \in [0, 0.2] \cup [-0.2, 0] \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

הה. ו. ה. (ו. ו. ו. ו. ו.).

$$P(Y=1|x) = 0.8 > 0.2 \Rightarrow x \in [0, 0.2] \cup [0.4, 0.6] \cup [0.8, 1]$$

$\Rightarrow h(x) = 1$

$$P(y=1|x) = 0.1 < 0.9 \Leftrightarrow x \in (0.2, 0.4) \cup$$

$$= P(y=0|x) \quad (0.6, 0.8)$$

$$\Rightarrow h(x) = 0$$

$$\begin{aligned}
 E_p(h_I) &= E_p(\Delta_{20}(h(x), y)) = \\
 &= \sum_{y \in \{0, 1\}} \int_0^1 P(X=x, Y=y) \cdot \Delta_{20}(h(x), y) \cdot dx = \\
 &= \int_0^1 P(X=x) \cdot P(Y=1 | X=x) \cdot \Delta_{20}(h(x), 1) + \\
 &\quad + \int_0^1 P(X=x) \cdot P(Y=0 | X=x) \cdot \Delta_{20}(h(x), 0)
 \end{aligned}$$

$y=1$  פה, גיבורי מושג מינימום מ.מ. בפונקציית שגיאה

$$\begin{aligned}
 &\int_0^1 P(X=x) \cdot P(Y=1 | X=x) \cdot \Delta_{20}(h(x), 1) = \\
 &= \sum_{l_i, u_i \in I} \int_{l_i}^{u_i} P(X=x) \cdot P(Y=1 | X=x) \cdot \Delta_{20}(1, y) + \\
 &\quad \nearrow
 \end{aligned}$$

$$I = \{c_{l_1, u_1}, c_{l_2, u_2}, \dots, c_{l_n, u_n}\}$$

$$\begin{aligned}
 &+ \sum_{u_i, l_{i+1} \in I} \int_{u_i}^{l_{i+1}} P(X=x) \cdot P(Y=1 | X=x) \cdot \Delta_{20}(0, y) = \\
 &\quad \nearrow
 \end{aligned}$$

שניהם יתנו שגיאה

בנוסף לזו

$$\begin{aligned}
 &= I \sum_{l_i, u_i \in I} (u_i - l_i) \cdot \int_{l_i}^{u_i} P(Y=1 | X=x) \cdot \Delta_{20}(1, y) + \\
 &+ I \sum_{u_i, l_{i+1} \in I} (l_{i+1} - u_i) \cdot \int_{u_i}^{l_{i+1}} P(Y=1 | X=x) \cdot \Delta_{20}(0, y)
 \end{aligned}$$

$E_p(h_I) \rightarrow$  רכמי true-error פונקציית שגיאה, הילך פונקציית שגיאה