

دانشکده مهندسی کامپیوتر

Faculty of Computer Engineering

دانشگاه اصفهان



مجموعه تمرینات درس هوش محاسباتی

مبحث شبکه های عصبی مصنوعی:

سوالات مفهومی و مسئله محور در شبکه های عصبی مصنوعی

استاد: دکتر حسین کارشناس

دستیاران آموزشی:

رضا برزگر

علی شاه زمانی

آرمان خلیلی

نیمسال دوم ۱۴۰۳-۱۴۰۴

سوالات مفهومی و مسئله‌محور در شبکه‌های عصبی مصنوعی

۱. آیا یک نورون در یک شبکه عصبی حامل اطلاعات مشخصی است؟ در صورت مثبت بودن پاسخ، به‌طور کامل توضیح دهید. همچنین مشخص کنید که پاسخ به این سؤال مبتنی بر کدام یک از ویژگی‌های بنیادی شبکه‌های عصبی قابل استنتاج است.
۲. دانش در چارچوب شبکه‌های عصبی چگونه شکل می‌گیرد؟ در همین راستا، معادل بودن دو شبکه عصبی را چگونه می‌توان به‌صورت رسمی فرمول‌بندی کرد؟
۳. در ارتباط با پرسش قبلی، توانایی شبکه‌های عصبی در یادگیری، به خاطر سپردن و تعمیم چگونه قابل توجیه است؟ این قابلیت‌ها مبتنی بر چه اصول یا ویژگی‌هایی از شبکه‌های عصبی شکل می‌گیرند؟
۴. تابع تبدیل نورونی را برای حالات زیر به‌صورت ریاضی فرمول‌بندی نمایید:

الف) تابع درجه دوم (Quadratic)

ب) تابع کروی (Spherical)

ج) تابع چندجمله‌ای (Polynomial)

۵. با استفاده از نمایش نورونی (نمودار بلوکی شبکه عصبی)، ساختارهای شبکه عصبی زیر را رسم کنید:

الف) شبکه عصبی تک‌نورونی با فیدبک به خود

ب) شبکه عصبی تک‌لایه با فیدبک

۶. فرض کنید کارخانه‌ای قصد دارد دو میوه با الگوهای زیر را از یکدیگر تفکیک کند:

$$P_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ و } P_1 = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

- الف) یک شبکه پرسپترون تک‌نورونی طراحی کنید که بتواند این دو الگو را از یکدیگر تشخیص دهد. وزن‌ها و بایاس شبکه را تعیین کرده و عملکرد آن را بررسی نمایید.
- ب) یک شبکه همینگ (Hamming Network) برای این منظور طراحی نمایید. مراحل طراحی شامل تنظیم ماتریس وزن اولیه، اعمال تابع رقابت، و تشخیص نهایی را انجام دهید.
- ج) یک شبکه هاپفیلد (Hopfield Network) طراحی کنید که بتواند این دو الگو را از یکدیگر جدا نماید. تنظیم وزن‌ها، فرآیند به‌روزرسانی وضعیت نورون‌ها و همگرایی شبکه را شرح دهید.

۷. الگوهای زیر را در نظر بگیرید. هر الگو شامل یک بردار ورودی $P_i \in \mathbb{R}^2$ و برچسب هدف $t_i \in \{0, 1\}$ است.

$$\left\{ P_1 = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \end{bmatrix}, t_1 = 1 \right\}, \quad \left\{ P_3 = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}, t_1 = 1 \right\}, \quad \left\{ P_5 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}, t_1 = 0 \right\},$$

$$\left\{P_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, t_1 = 1\right\}, \quad \left\{P_4 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, t_1 = 0\right\}, \quad \left\{P_6 = \begin{bmatrix} \frac{1}{\varepsilon} \\ \frac{1}{\varepsilon} \end{bmatrix}, t_1 = 0\right\}$$

الف) دیاگرام یک شبکه پرسپترون تک‌لایه را رسم کرده و آن را برای جدا کردن کلاس‌ها (الگوهای مثبت و منفی) طراحی کنید. منظور از طراحی، محاسبه وزن‌ها و بایاس مناسب به کمک الگوریتم یادگیری پرسپترون است. مقدار ε را در ابتدا برابر ۱ فرض کنید.

ب) (اختیاری) اثر تغییر مقدار ε را بر عملکرد شبکه بررسی نمایید. برای این منظور، مقادیر $\varepsilon = 1$ ، $\varepsilon = 2$ ، $\varepsilon = 6$ و $\varepsilon = 12$ را در نظر گرفته و در هر حالت، مقادیر نهایی وزن‌ها (w_1, w_2) و بایاس b را محاسبه کرده و نتیجه عملکرد شبکه را تحلیل کنید.

توجه: برای هر مقدار ε ، الگوریتم یادگیری پرسپترون را تا رسیدن به خطای صفر اجرا کنید.

۸. الگوهای زیر را در نظر بگیرید.

$$P_1 = [1 \quad 1 \quad 1, \quad -1 \quad -1 \quad -1, \quad -1 \quad -1 \quad -1]^T$$

$$P_2 = [-1 \quad -1 \quad -1, \quad 1 \quad 1 \quad 1, \quad -1 \quad -1 \quad -1]^T$$

$$P_3 = [-1 \quad -1, \quad -1 \quad -1 \quad -1, \quad -1 \quad 1 \quad 1 \quad 1]^T$$

$$P_4 = [1 \quad -1 \quad -1, \quad 1 \quad -1 \quad -1, \quad 1 \quad -1 \quad -1]^T$$

$$P_5 = [-1 \quad 1 \quad -1, \quad 1 \quad -1 \quad 1, \quad -1 \quad 1 \quad -1]^T$$

$$P_6 = [-1 \quad -1 \quad 1, \quad -1 \quad -1 \quad 1, \quad -1 \quad -1 \quad 1]^T$$

الف) الگوهای فوق را به صورت تصویر 3×3 رسم کنید. توجه داشته باشید که مقدار ۱ به منزله پیکسل سفید و مقدار -۱ به منزله پیکسل سیاه در نظر گرفته شود.

ب) با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون تک‌لایه با یک نرون، شبکه‌ای طراحی کنید که قادر به تشخیص (جدا کردن) الگوهای فوق از یکدیگر باشد. همچنین مراحل یادگیری شبکه، محاسبه خطا، آپدیت وزن‌ها و مقدار نهایی بردار وزن (w) و بایاس (b) را با مقداردهی اولیه صفر برای تمامی پارامترها (یعنی $w_1 = w_2 = \dots = w_9 = 0$ و $b = 0$) به طور کامل محاسبه و نمایش دهید.

۹. یک شبکه عصبی تک‌لایه را در نظر بگیرید که ورودی‌های آن از فضای دوبعدی \mathbb{R}^2 هستند. هدف این است که این فضا به m ناحیه‌ی مجزا تقسیم شود. حداقل چند نرون در لایه‌ی پنهان لازم است تا این تقسیم‌بندی ممکن شود؟