

## חישוביות וקוגניציה – תרגיל 1

להגשה עד: 8/11/2017

### 1. תרגיל אנליטי:

נתונה רשת הופפילד בעלת  $N$  נוירונים, מטביעים ברשת זכרונות באופן הבא:

$$J_{ij}^\mu = \begin{cases} (1-a)J_{ij}^{\mu-1} + \frac{a}{N} P_i^\mu P_j^\mu & i \neq j \\ 0 & i = j \end{cases}$$

כלומר בכל הטבעה של זכרון חדש, הרשת "שוכחת" מעט (בפקטור  $(1-a)$ ) את הזכרונות הקודמים. כמוכן,  $J_{ij}^0 = 0$ , כלומר, לפני הטבעת הזכרון הראשון כל הקשרים ברשת מאותחלים ל-0. הפרמטר  $a$  הוא מספר ממשי בין 0 ל-1.

א.

i. נניח כי  $N = 4$ , מטביעים ברשת את הזכרונות הבאים (לפי הסדר):

$$p^1 = (1, -1, -1, 1)$$

$$p^2 = (1, -1, 1, -1)$$

$$p^3 = (1, 1, 1, -1)$$

חשבו את מטריצת הקשרים של הרשת לאחר הטבעת שלושת הזכרונות

(ניתן לרשום את הביטוי כסכום של 3 מטריצות עם מקדמים).

ii. נניח בנוסף כי  $a = 0.5$ . חשבו את האנרגיה של הרשת כאשר היא

$$S = p^2$$

ב. רשמו ביטוי כללי, לא רקורסבי, עבור  $J_{ij}^P$  כפונקציה של הזכרונות שהוטבעו ברשת

$$\{p_i^\mu\}_{i=1, \dots, N}^{\mu=1, \dots, P} \text{ ושל הקבוע } a.$$

ג. על מנת לחשב את כמות הזכרונות שהרשת מסוגלת לזכור, נניח שהכנסנו לרשת

$P$  זכרונות ונבדוק האם הזכרון הראשון עדיין יציב. בכדי לבצע חישוב זה, הפרידו

את הביטוי להשפעת הקשרים שנובעים מהזכרון הראשון – אות, והקשרים

הנובעים מיתר הזכרונות – רעש. חשבו את סטיית התקן של הרעש ודרשו שהיא

תהיה קטנה מהאות, כלומר דרשו יחס אות לרעש גדול מ-1. הדרכה: שימו לב

שהשונויות של סכום משתנים מקריים בלתי תלויים שווה לסכום השונויות של

המשתנים המקריים.

### 2. תרגיל תכנות:

בתרגיל זה תבנו רשת הופפילד שבה 3,600 נירונים ומטרתה לזהות תמונות של בעלי חיים. כל תמונה תיוצג על ידי וקטור בינארי המכיל את הערכים 1 ו-1-. בקובץ המצורף תמצאו תמונות בינאריות בגודל 60X60 של ארבע חיות שונות שישמשו אתכם לאימון הרשת:



- א. טענו את התמונות לתוך מטלב (העזרו בפקודה `imread`) והמירו אותן לווקטור בינארי בגודל  $3600 \times 1$  (העזרו בפקודה `reshape`). זכרו לשנות את הערכים 0,1 ל-1,1- (**שימו לב**: הפקודה `imread` מחזירה מטריצה שלא יכולה לקבל ערכים שליליים. תוכלו להשתמש בפקודה `double` בכדי להמיר אותה למטריצה שיכולה לקבל ערכים כלשהם ואז להשתמש בטרנספורמציה  $p = 2p - 1$ ).
- ב. בחרו את אחת החיות וכתבו תכנית המחשבת את ערכי הסינפסות  $J_{ij}$  כאשר מטביעים ברשת את הווקטור המייצג את תמונת החיה שבחרתם.
- ג. כתבו תכנית אשר מממשת דינמיקה א-סנכרונית של רשת הופפילד עבור  $J_{ij}$  אשר חושב בסעיף הקודם.
- ד. אתחלו את הרשת בווקטור המייצג את החיה שבחרתם והריצו את התכנית מסעיף ג'. וודאו שהמצב אכן יציב.
- ה. אתחלו את הרשת במצב שונה מעט מהחיה שבחרתם: בחרו (באקראי) 20% מהנירונים והפכו את מצבם, כלומר נירון שערכו בחיה שבחרתם הוא  $+1$  יהפוך להיות  $-1$  (יש להפוך בדיוק 20% מהנירונים, כלומר, 720 נירונים ולא כל נירון בהסתברות 0.2). הריצו את התכנית מסעיף ג' והציגו את מצב הרשת בכל שלב. האם הרשת מתכנסת לחיה שבחרתם?
- ו. חזרו על הסימולציה בסעיף הקודם 100 פעמים, ועבור כל סימולציה בדקו האם התכנסה לחיה שבחרתם. חשבו את אחוז הסימולציות שבהן התרחשה התכנסות לחיה שבחרתם. הערה – אין צורך להציג את מצבי הרשת עד להתכנסות אלא רק לבדוק האם הרשת התכנסה לפתרון הנכון.
- ז. חזרו על סעיף ו' עבור ערכי רעש נוספים: 20%, 30%, 40%, 50% שרטטו את הגרף של אחוז הסימולציות שהתכנסו לחיה שבחרתם כפונקציה של מידת הרעש. הסבירו את התוצאה.

ח. כעת למדו את הרשת לזכור שתי חיות בנוסף לזו שבחרתם. אתחלו את הסימולציה ממצבים הדומים לחיה שבחרתם – היפוך של 10%, 20% וכך הלאה עד 50% מהנוירונים, כפי שעשיתם בסעיף הקודם והריצו עד הגעה למצב יציב. מכל מצב התחלתי הריצו 100 חזרות, וציירו גרף של הסיכוי להתכנס לחיה שבחרתם כפונקציה של מידת הרעש. הסבירו את התוצאה.

ט. צלם חובב צילם את אחת החיות אך התמונה יצאה מטושטשת (mystery.png בקובץ המצורף). אמנו את הרשת בעזרת התמונות של ארבעת החיות (אריה, קוף, נמר וזברה) ואתחלו את מצב הרשת בווקטור המתאים לתמונה של הצלם החובב. הריצו את הדינמיקה עד להתכנסות. איזה חיה ראה הצלם החובב? האם הרשת התכנסה לזיכרון המתאים? הסבירו.

בהצלחה!