

# פרויקט באופטימיזציה – קבוצה 05

## חלק ג: רשתות נוירונים

מגישים:

טל אילון – ת.ז. 31117428, עמיחי כלב – ת.ז. 308469675,

אביהו מנחם – ת.ז. 204179832, זיו לויט – ת.ז. 207610379

בחלק זה בפרויקט בוצעה למידה עבור רשת נוירונים במטרה להעריך את פונקציית המטרה הבאה, בהמשך לחלק ב' של הפרויקט:

$$\text{Minimize} \left( b \cdot \ln \left( \frac{a \cdot X_2}{12000^2} \right) + c \cdot e^{d \left( \frac{X_3}{12000 \cdot X_2} \right)} + m \cdot (1 + h)^{10 \cdot N} \right)$$

במקביל, למדה אותה רשת להעריך את אילוצי הבעיה, בהמשך לחלק הקודם של הפרויקט:

$$X_2 - 192000 \leq 0$$

אילוץ על משקל המטוס המירבי, ללא דלק

$$X_3 - 108330 \leq 0$$

אילוץ על קיבולת מיכל הדלק במטוס

$$X_2 - 1.5X_3 \leq 0$$

אילוץ על היחס בין משקל המטוס לבין משקל הדלק במטוס

רשת הנוירונים הוגדרה באופן הבא:

- *Input* : 2, כמספר המשתנים של פונקציית המטרה הנ"ל, בתוספת *bias*.
- *Hidden Layer* : הוגדר להיות 5 בהתאם להנחיות הפרויקט, בתוספת *bias*.  
בחלק זה של הרשת, על נוירון פועלת פונקציית אקטיבציה מסוג *tanh*.
- *Output* : 2 : נוירון אחד של פונקציית המטרה, ונוירון של אילוצים: 1 אם בתחום, -1 אם לא בתחום.  
בחלק זה של הרשת פועלות 2 פונקציות אקטיבציה:

1. עבור נוירון פונקציית המטרה פועלת פונקציית אקטיבציה מסוג *ELU*

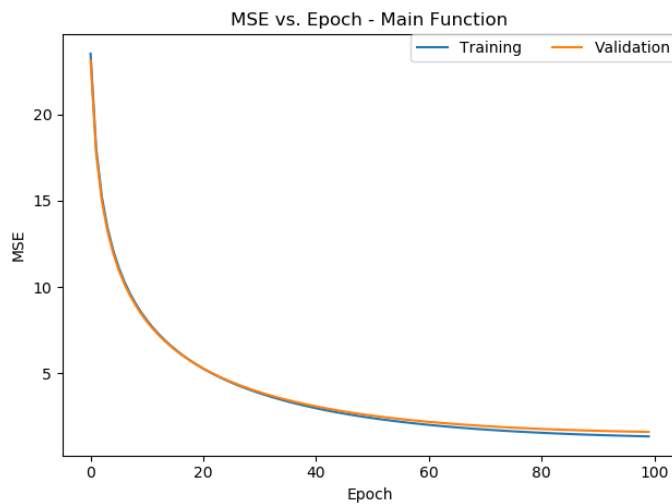
2. עבור נוירון פונקציית האילוצים פועלת פונקציית אקטיבציה מסוג *tanh*

כמו כן, הוגדרו 3 סטים. בכל סט, כל ערך מוגדר באופן הבא: מוגרלת נקודה  $(x, y)$ , ועבור כל נקודה מוצמד ערך כפול: הערך שמתקבל ממנה בפונקציית המטרה והערך שמתקבל ממנה בפונקציית האילוצים – שמחזירה כאמור 1 אם בתחום, ו-1 אם לא בתחום.

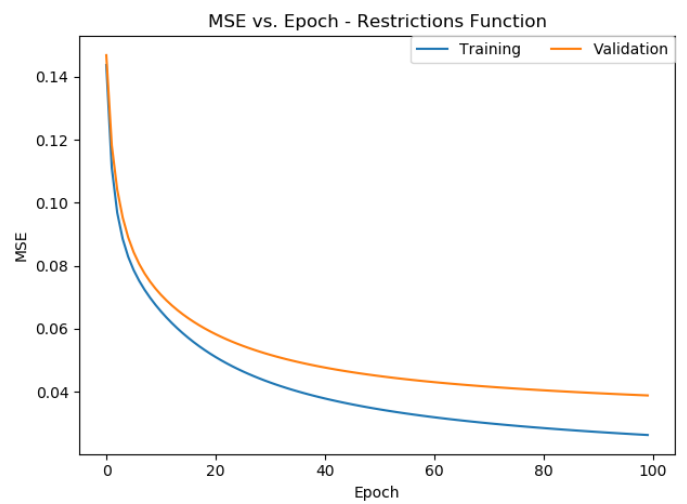
הוגדר *Train\_set* שמכיל 800 ערכים כנ"ל, *Validation\_set* שמכיל 100 ערכים כנ"ל, ו *Test\_set* שמכיל 100 ערכים כנ"ל.

קוד הפרויקט מצורף. בוצע אימון לרשת עבור  $epochs = 100$ .

הגרפים שהתקבלו בתוספת הסבר קצר נמצאים בעמוד הבא.

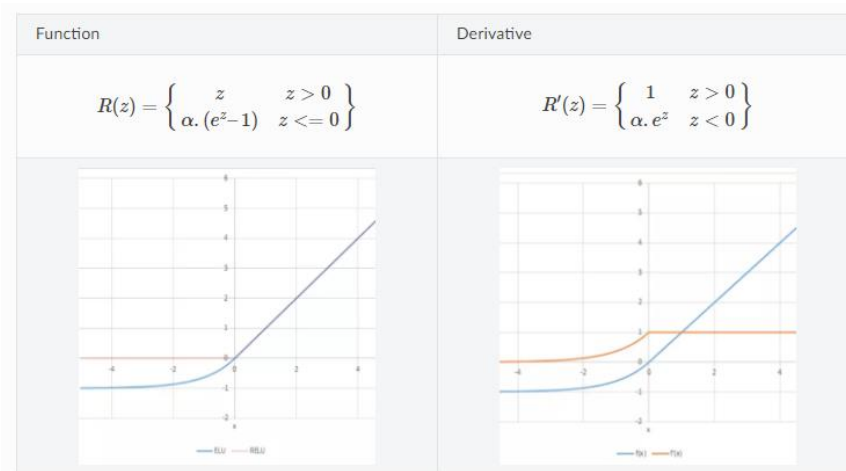


*MSE over test set: 1.6118169376497193*



*MSE over test set: 0.017710497207912436*

לאחר חקירה של פונקציית המטרה הנ"ל בתחום האילוצים, מצאנו כי מעטים הנקודות עבורם ערכי הפונקציה מתקבלים עם סימן חיובי. משום כך, רשת הנוירונים לא הצליחה ללמוד את הפונקציה באמצעות פונקציית אקטיבציה מסוג  $ReLU$  – שכן עבור כל ערך שלילי, היא מחזירה 0. לכן נבדקו כמה אופציות לשימוש בפונקציית אקטיבציה אחרת שתוכל לאפשר את לימוד הרשת גם עבור ערכים שליליים המתקבלים מן הפונקציה. לאחר בדיקה יסודית, נמצא כי פונקציית האקטיבציה המתאימה ביותר עבור הפונקציה הנ"ל היא פונקציית אקטיבציה מסוג  $ELU$ , הפועלת באופן הבא:



[https://ml-cheatsheet.readthedocs.io/en/latest/activation\\_functions.html](https://ml-cheatsheet.readthedocs.io/en/latest/activation_functions.html)

עבור הפונקציה הנ"ל, נבחר כי  $\alpha = 14$ , ותחום הערכים בו הוגרלו הנקודות הינו  $[0,1]$ .

בהתאם לנ"ל, בוצעה למידה כנדרש.