

## תרגיל בית מספר 3

**נושא: פתרון לבעיית אופטימיזציה מעורבת-בשלמים**

**תאריך הגשה: יום ה', 06/02/2025, 23:59**

**הגשה אפשרית בצמידים**

### תיאור התרגיל

בתרגיל זה אתם מקבלים משפחה של בעיות אופטימיזציה מעורבת-בשלמים – כלומר, בעלת תת-קבוצה של משתני החלטה רציפים ותת-קבוצה של משתנים שלמים – ועליכם להציע עבודה פתרון באמצעות יוריסטיקה. המטרה היא לתכנן ולממש שיטת פתרון יוריסטית, אשר תתבסס על שיטות שנלמדו בהרצאות, אך הדגש בתרגיל זה הוא על תכנון מקורי אשר מתמודד היטב עם שני טיפוסים של משתני החלטה. בהינתן וקטור אקראי התחלתי המקיים את האילוצים, האתגר יהיה להגיע אל המינימום הגלובלי תוך מספר קריאות קטן ככל האפשר לפונקציית המטרה. גם כאן הכוונה היא שבנוסף להגשת קוד היוריסטיקה, תכתבו דו"ח קצר המתאר את השיטה שלכם ובו גם תציגו את ריצתה על משפחת הבעיות הנתונה.

### פונקציות ריבועיות מעורבות-בשלמים: איפיון

בבסיס התרגיל עומדת משפחה של בעיות אופטימיזציה עבור מרחב חיפוש ממימד  $D$  הכולל  $n_r$  משתני החלטה רציפים  $\vec{r} \in \mathbb{R}^{n_r}$  וכן  $n_z$  משתני החלטה שלמים  $\vec{z} \in \mathbb{Z}^{n_z}$ . בספרות המתמטית מקובל להציג זאת כווקטור רציף המספק אילוץ ביחס לתת-קבוצת האינדקסים שלו  $I$ :

$$\text{index set } I := \{n_r + 1, \dots, n_r + n_z\}: \forall i \in I \quad x_i \in \mathbb{Z}.$$

פונקציית המטרה הינה הפונקציה הריבועית ביחס למטריצה נתונה  $\mathbf{H}_f$ , אשר נקראת מטריצת ה-*Hessian*:

$$\text{minimize}_{\vec{x}} \quad f(\vec{x}) := (\vec{x} - \vec{\xi}_0)^T \cdot \mathbf{H}_f \cdot (\vec{x} - \vec{\xi}_0)$$

תחת האילוצים שהגדרנו:

$$\begin{aligned} \vec{x} &\in \mathbb{R}^D \\ x_i &\in \mathbb{Z} \quad \forall i \in I \end{aligned}$$

בתרגיל זה עליכם לפתור 3 מופעים של הבעיה (כלומר, באמצעות הגדרת 3 מטריצות *Hessian*), במימד  $D=64$ , כאשר המשתנים השלמים מהווים את המחצית השנייה של הווקטור.

הגדרת המופעים והדגמה של הפעלת יוריסטיקת **ES (1+1)** כפרנס נתונים לכם באמצעות קוד מקור להרצה (`lp1_ES_with_ObjectiveFunctionClass.py`), אשר מסתמך על מימושים של פונקציית המטרה (`MixedVariableObjectiveFunctions.py`) ושל פונקציה יוצרת *Hessian* (`ellipsoidFunctions.py`).

### השתמשו בהגדרת מופעי הבעיה כפי שהיא ממומשת בקובץ הדגמה זה.

שימו לב שיוריסטיקת ה-ES לא הותאמה לטיפול בערכים שלמים ומסתמכת על כך שפונקציית המטרה מעגלת את המחצית השנייה של ערכי וקטור משתני ההחלטה. לכן היא מהווה רפרנס נאיבי, ואתם מצופים לספק פתרונות טובים יותר אשר נותנים מענה למרכיב המספרים השלמים במרחב החיפוש.

## שיטת פעולה

עליכם לתכנן ולממש שיטת פעולה לפתרון משפחת הבעיות, אשר תאתחל נקודות חיפוש אקראיות בתחום  $D[-100,100]$  ותאתר את הווקטורים בעלי ערך פונקציית המטרה המינימלית עבור שלושת המופעים. איכות ביצועי השיטה שלכם מוגדרים לפי מספר הקריאות לפונקציית המטרה עד למציאת המינימום – במיצוע על-פני לפחות 30 ריצות שונות בעלות איתחולים אקראיים שונים.

## דוח סיכום

עליכם לכתוב מסמך קצר הכולל הסבר של שיטת הפתרון שלכם, הצדקה עבור צעדי חישוב שאינם טריוויאליים, וכן סיכום הרצות של הפתרון היוריסטי אותו אתם מציעים עבור הבעיה. עליכם לציין את ממוצע מספר הקריאות לפונקציית המטרה שנדרשו למציאת הפתרון הטוב ביותר עבור כל אחת משלושת מופעי הבעיה, וכן לצרף גרף ריצה טיפוסי של היוריסטיקה על כל אחת מהן.

## דגשים

- היות ומדובר בגישה יוריסטית, חובה להריץ מספר פעמים את השיטה ולבחון התנהגות ממוצעת לשם קבלת החלטות בעת תכנון השיטה. מספר הרצות לבחינת התנהגות ומדידת ביצועים הוא לפחות 30.
- עליכם להתייחס באופן מפורש ויעיל ככל הניתן לשני טיפוסים המשתנים, כלומר, להגדיר מנגנון עבור השלמים ומנגנון עבור הרציפים. מנגנון יחיד העובד רק על טיפוס משתנים רציף ומבצע "עיגול ערכים" לא ייחשב כטיפול מספק במשתנים השלמים.
- הקפידו להגריל כל פתרון התחלתי באופן אקראי-אחיד בטווחים המצוינים.
- במידה ותזדקקו לכח חישוב נוסף, עומד לרשותכם *שרת חישובים* בשם Darwin – פנו אלינו במידת הצורך לשם קבלת גישה.
- קיימים מאמרים ורעיונות שפורסמו על פתרון הבעיה באמצעות יוריסטיקה זו; בנוסף לכך, לצ'אטבוטים יש יכולת לספק עבורכם פתרון כמעט שלם של תרגיל זה. באם עשיתם שימוש ברעיונות קיימים, או שצ'אטבוט סיפק לכם רכיבי פתרון, עליכם לצטט את מקורם. במקרה של שימוש בצ'אטבוטים – עליכם לפרט אילו רכיבי פתרון נכתבו על-ידיכם, ואילו על-ידי המכונה.
- בנוסף, קיים שפע אדיר של מימושים שונים להורדה מרשת האינטרנט. הגשה של יוריסטיקה שהועתקה ממקור חיצוני (לרבות שימוש של יוריסטיקה שנכתבה כולה ע"י צ'אטבוט) אסורה בהחלט. זיכרו כי יהיה עליכם להגן על המימוש שלכם ולהצדיק כל צעד בפתרון במקרה שתידרשו לכך.
- עליכם לתעד את קוד הפתרון באמצעות הערות קצרות.
- הכינו קובץ בשם README.txt הכולל את שם ותעודת הזהות של הסטודנט. יית המגישה וכן מציין את קבצי המימוש שהוגשו ואת האופן להרצת היוריסטיקה; בקובץ זה אתם מוזמנים לכלול הערות ותיעוד כללי לגבי המימוש שלכם.

## הגשה

הגישו במערכת Moodle קובץ ארכיב tar/zip/rar בשם ex3 המכיל את כל קבצי המימוש שלכם.  
את הקובץ README.txt וכן את דוח הסיכום בפורמט PDF.