סייר פרופילי כנף

מרחב תכן DRL x LBM

משתתף	משתתף שני
עדן גולן	לא נמסר
תאריך	**סטטוס**
11 באוגוסט 2026	מוצר חי, פורסם ואומת

הבעיה וההישג הנדרש

תהליך המחקר משתמש בשיטת בולצמן על סריג (LBM) לניתוח פרופילי כנף ובלמידת חיזוק עמוקה (DRL) לחיפוש שינויים בגאומטריית BP3333. תוצאות המחקר שימושיות, אך קשה לבחון אותן באופן אינטראקטיבי: הגאומטריה והמקדמים האווירודינמיים חייבים להישאר מסונכרנים, ונתונים שלא אושרו לפרסום חייבים להישאר מחוץ לתוצר הציבורי.

ההישג שהוגדר

יישום ציבורי המבוסס על נתונים מאומתים, שבו הבוחן גורר פרמטרים גאומטריים, רואה בזמן אמת את פרופיל הכנף השמור הקרוב ביותר ואת ערכי C_l, C_d, C_l/C_d, ומשחרר כדי להצמיד את כל הפקדים לאותה שורת נתונים. הממשק אינו מנבא ואינו מבצע אינטרפולציה של תוצאות אווירודינמיות.

מדוע זו משימה הנדסית

- **עקביות מדעית:** הכנף וכל המקדמים המוצגים חייבים להגיע מאותה שורת מקור מאושרת.
- **איכות אינטראקציה:** חיפוש השכן הקרוב חייב להיות דטרמיניסטי, מהיר, נגיש ויציב בזמן גרירה.
- **בטיחות פרסום:** מפתחות גישה, נתיבים מקומיים, מרחבי שמות פרטיים ואבחונים שלא אושרו אינם נכללים בתוצר.
- **בטיחות תפעולית:** כשל בייצוא, באימות, בסריקת הפרטיות או בפריסה עוצר את הפרסום ומשאיר את הגרסה המאומתת הקודמת פעילה.

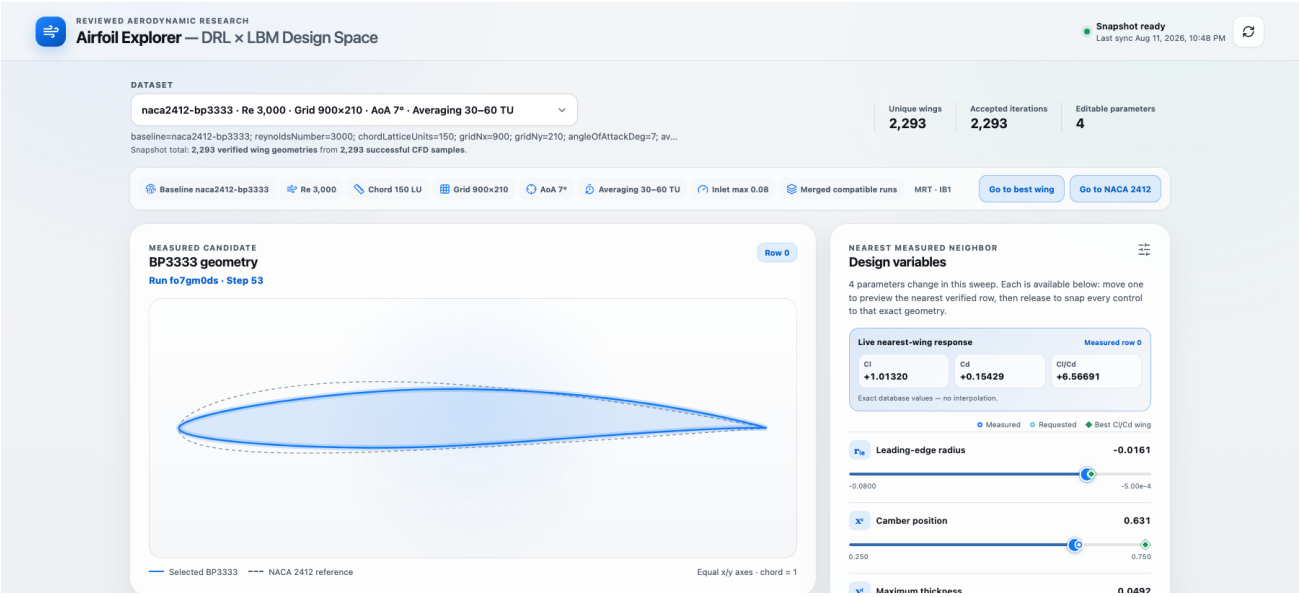
מודל הפרסום וההגנה

יעד ההפצה הוא אתר ציבורי ב-GitHub Pages. תהליך מאושר מופעל בכל דחיפה ל-`main`, פעם בשעה או ידנית. הוא מושך רק שדות היסטוריה שהוגדרו מראש מ-W&B, מאמת את תמונת הנתונים המלאה, סורק את התוצר הציבורי המדויק, ומפרסם רק לאחר שכל השערים עברו. נתוני הבדיקה הסינתטיים נשמרים לבקרת איכות מקומית בלבד ואינם יכולים להחליף את האתר הציבורי. קישור: edengol10.github.io/AI-final-course/.

גבול המאגר. מאגר התזה נשאר מקור מדעי לקריאה בלבד בגרסה `4936dea`; קוד המוצר אינו מייבא ממנו ואינו משנה אותו. כל המימוש נמצא במאגר הנפרד `AI-final-course`.

המוצר והארכיטקטורה

לקוח סטטי ללא סודות, הנשען על תמונות נתונים מאומתות ובלתי משתנות.



איור 1. סייר פרופילי הכנף הפרוס, בעת טעינת תמונת הנתונים המאומתת מ-W&B.

2,293 גאומטריות כנף מאומתות	**2,293** דגימות CFD מוצלחות	**5** ריצות מקור שנבדקו	**1** קבוצת תנאים תואמת

נתיב הנתונים וגבול האמון

ריצות W&B מאושרות ← ייצוא היסטוריה מצומצם לכל איטרציה ← קיבוץ פיזיקלי וסינון ← JSON/SHA-256 קנוני ← בניית Vite וסריקת פרטיות ← GitHub Pages ← אימות Zod/hash בדפדפן וחיפוש ב-Web Worker.

חוזה האינטראקציה

- בזמן גרירה בעכבר או במקלדת, עובד רקע המוגבל לקצב פריימים מנרמל רק את הפרמטרים המשתנים לפי גבולות BP3333 המוסמכים ובוחר את שורת הנתונים הקרובה ביותר.
- סמני רפאים משמרים את המיקום המבוקש; הכנף, מקדמי C_l, C_d, C_l/C_d ופרטי המקור מתעדכנים יחד.
- בשחרור, כל המחוונים מונפשים לווקטור המדויק שנבחר. אינדקס שורה יציב מכריע שוויון במרחק ומונע ריצוד.
- רענון מאמת תחילה את SHA-256 הקנוני של המניפסט, אחר כך את גודל וסכום הביקורת של כל מקטע, ולבסוף את כל הסכמות לפני החלפה אטומית בזיכרון.

חוזה הנתונים הציבורי

המניפסט הפרוס מסומן `reviewed-wandb`. התוצרים המדעיים המאושרים הם גאומטריה ופרמטרים של BP3333, המקדמים C_l, C_d, והיחס המחושב C_l/C_d. לצורכי ביקורת נשמרים רק מזהה ריצה ושלב, תיאור תנאים פיזיקליים, גבולות, מונים וסכומי ביקורת. מפתחות גישה, שמות ישות ופרויקט ב-W&B, נתיבים פרטיים, אבחונים שלא אושרו ומערכי קואורדינטות לכל שורה אינם נכללים.

תהליך עבודה משותף עם בינה מלאכותית

האצה של המימוש תוך שמירה על חוזים מדעיים ובקרה אנושית.

ניסוי לפני ואחרי עם אותה הנחיה

״בנה את רענון הנתונים מ-W&B ללוח המחוונים ואת אינטראקציית הכנף הקרובה, תוך שמירה על תקפות מדעית והגנה על נתונים שטרם פורסמו.״

תכנון ראשוני ללא מיומנות הפרויקט נשמר לפני קריאת המיומנות המותאמת. לאחר מכן נענתה אותה הנחיה בעזרת *curate-aero-wandb-data*. שתי התוצאות דורגו בין 0 ל-5 לפי שישה קריטריונים שנקבעו מראש; התוצרים והמחוון נשמרו בתיקייה `experiments/skill-comparison/`.

קריטריון	ללא	עם	התיקון שנצפה
חשיפת סודות	4/5	5/5	גבול מדויק לייצוא מצומצם ולהחרגות
מפתחות לכל כנף	2/5	5/5	קיבוע ערכי שלב של C_l, C_d
דחיית נתונים שגויים	3/5	5/5	קודי סיבה מסודרים ויציבים
קיבוץ פיזיקלי	3/5	5/5	תנאים זהים; נתונים לא ידועים מבודדים
מקור הנתון	4/5	5/5	ריצה ושלב מזעריים הקשורים לאותה תוצאה
שחזוריות	3/5	5/5	גבולות מוסמכים ובחירה דטרמיניסטית
סך הכל	**19/30**	**30/30**	כללי התחום הפכו לחוזים הניתנים לבדיקה

תיקונים אנושיים מהותיים

- נדחה נרמול לפי טווח הדגימות, שהיה משנה את הכנף הקרובה כאשר כיסוי הנתונים משתנה; במקומו נקבעו גבולות BP3333 מוסמכים.
- הסכמה הציבורית צומצמה לגאומטריה, לפרמטרים ולמקדמים שאושרו במפורש.
- שדה מוקדם של קואורדינטות לכל שורה הוסר; TypeScript משחזר 253 נקודות גאומטריה מעשרת הפרמטרים.
- עקומת ייחוס אנליטית הוחלפה בבסיס NACA2412 המדויק של BP3333; מספר הכנפיים הייחודיות הופרד ממספר הדגימות המוצלחות.

המיומנויות וההנחיות המקצועיות שנבחרו

מתודולוגיית הפרויקט הסופית משתמשת רק בשלוש המיומנויות הבאות. ההנחיות הן ניסוחים מקצועיים ותמציתיים של בקשות המימוש שנשמרו בראיות הפרויקט.

caveman - **תקשורת טכנית תמציתית.** ״דווח על התקדמות המימוש, הסיכונים וראיות האימות בשפה קצרה, בלי לאבד דיוק טכני.״

curate-aero-wandb-data - **גבול הנתונים המדעי.** ״בנה רענון מ-W&B ואינטראקציית שכן קרוב, תוך שמירה על תקפות מדעית, מקור דטרמיניסטי, תאימות פיזיקלית והגנה על נתונים שלא פורסמו.״

verify-airfoil-explorer - **קבלת המוצר.** ״ודא שכל גרירה והצמדה שומרות את הגאומטריה, C_l, C_d, C_l/C_d, הריצה והשלב באותה שורה; בדוק נגישות, תצוגה רספונסיבית, רענון, פרטיות ופריסה.״

הערך שנצפה. התרומה העיקרית של המיומנות המותאמת לא הייתה רק מהירות כתיבה, אלא מניעת טעויות מדעיות סבירות בבחירת שדות, בנרמול, בקיבוץ ובמקור הדגימות לפני שהנתונים עברו את גבול הפרסום.

אימות, מגבלות ורפלקציה

התוצאה הפרוסה קשורה לראיות אוטומטיות ולבדיקות הייצור העדכניות.

תחום	ראיה	סטטוס
מייצא הנתונים	59 בדיקות Python; קיבוץ, סינון, מקור ופרופיל ציבורי דטרמיניסטיים	עבר
ממשק	31 בדיקות; ESLint, בדיקת טיפוסים מחמירה ובניית Vite	עבר
גאומטריה	253 נקודות סופיות; שגיאת Python/TypeScript מרבית קטנה מ-10^{-5}	עבר
פרטיות	בדיקה עצמית וסריקה של התוצר; לא נמצאו סוד או נתיב פרטי	עבר
מיומנויות מותאמות	תיקיות האיסוף והאימות עברו בדיקת מבנה	עבר
דפדפן	תשעה תרחישים עברו, כולל נגישות axe ופריסה ניידת	עבר
W&B חי	חמש ריצות; 2,293 דגימות וגאומטריות מאושרות	עבר
GitHub Pages	הייצוא, הסריקה, הפריסה ובדיקות HTTP הציבוריות עברו	עבר

תקפות פיזיקלית ומגבלות

הקבלה דורשת ריצה מאושרת שהסתיימה, סכמת פעולות מוחלטות מוכרת, פעולות סופיות בתוך הגבולות, מקדמי שלב סופיים עם עילוי חיובי וגאומטריה תקינה. ריצות מאוחדות רק כאשר פרופיל הבסיס, מספר ריינולדס, הרשת, זווית ההתקפה, חלון המיצוע, תנאי הכניסה, שיטת הפותר ותצורת הגבול השקוע זהים. וקטורי float32 מדויקים מגדירים גאומטריות ייחודיות, וכל איטרציה שהתקבלה נשארת ניתנת למעקב לפי ריצה ושלב.

תמונת הנתונים הפרוסה חיה ומאומתת: `snapshotKind=reviewed-wandb`, ובה 2,293 דגימות שהתקבלו, 2,293 גאומטריות ייחודיות, חמש ריצות מקור וקבוצה תואמת אחת בתנאים $Re = 3000$, רשת 900×210, זווית התקפה 7° וחלון מיצוע TU 30--60. המונים נוצרים במייצא ואינם מקודדים ידנית באתר.

רפלקציה

הושג: היישום הציבורי מציג מרחב תכן תואם ומאומת; המחוונים מציגים את הכנף המתועדת הקרובה ביותר; C_l, C_d, C_l/C_d מתעדכנים יחד; השחרור מצמיד כל פרמטר לאותה שורה; והמעבר לכנף היעילה ביותר ול-NACA2412 נשאר דטרמיניסטי. הרענון מאמת תמונה חדשה באופן אטומי. הבינה המלאכותית האיצה את המימוש והבדיקות, בעוד שהקיבוץ המדעי ואישור הפרסום נשארו החלטות אנושיות.

במבט לאחור: הייתי מגדיר את פרופיל השדות הציבורי, טביעת התאימות, מדיניות המקור ושער הפריסה לפני אב הטיפוס הראשון של הממשק.

מסירה

לפני ההגשה הסופית

- להוסיף את שם המשתתף השני, אם המטלה דורשת זאת.
- להגן על `main` ולדרוש CI לפני מיזוג.
- לצרף את סרטון האינטראקציה הסופי ואת צילומי המסך שנבחרו.
- לבדוק שוב את הקישור הציבורי סמוך להגשה.

סייר פרופילי הכנף החי

edengol10.github.io

AI-final-course