1. הי,

עכשיו אני רוצה להזכיר לכם איך להשתמש במבחן חי בריבוע ואולי אצליח לשכנע אותכם להשתמש בו בהוראה.

כמה מכם כבר משתמשים בו בהוראה?

מעולה! כל הכבוד

מי שלא כול כך משתמש עדיין – אל דאגה – אספר מצורה קלילה עם דוגמאות.

1. נתחיל מהגדרה מספיק מדויקת למטרות שלנו. נעשה ניסוי מחשבתי אידאלי, ונקבל n מדידות. כל מדידה שלנו עמוסה בשגיאה אקראית כלשהי שמפולגת גאוסיאנית עם סטיית תקן. נניח יש לנו גם מודל מתמטי שיכול לתת ערך צפוי לכל מדידה. בתנאים האלה נוכל לחשב חי בריבוע לפי הנוסחה \*להצביע לנוסחה\*. מעולה. זה כבר ערך מעניין אבל יותר נוח להשתמש בחי בריבוע מצומצם.
2. הגדרת חי בריבוע מצומצם מאוד פשוטה – זה חי בריבוע חלקי מספר דרגות חופש. קל להגדיר מבחן חי בריבוע על ידי המספר הזה. באופן גס: אם חי בריבוע מצומצם יותר גדול משמעותית מ1 – המדידות שלנו לא תואמות מודל. או במילים אחרות הסתברות לחפיפה בין מדידות וערך הצפוי קנטה עד זניחה. כאשר חי בריבוע מצומצם קטן מאחד כבר יש על מה לדבר. אני מיד מביא לכם דוגמה פשוטה. רק חשוב לי להזכיר לכם מה כוונה מאחורי מושג "דרגות חופש"
3. נניח מדדתי 10 מדידות או יותר מדויק להגיד 10 זוגות - (x,y) .המודל שבחרתי מניח שיש קשר פולינומיאלי בחזקה 2 בין x לy. לבחירתי 3 אופציות התאמה: איבר ריבוע בלבד, איבר ריבועי פלוס אופ-סט, או איבר ריבועי פלוס איבר לינארי פלוס אופ-סט. במקרה הראשון יהיה 9 דרגות חופש, במקרה השני – שמונה דרגו חופש ו במקרה השלישי – שבע דרגות חופש. כדי לבדוק שלא נרדמתם כבר עכשיו אני אשאל: מה יותר טוב – יותר דרגות חופש או פחות? \*לתת לענות בלי לפתוח שיחה\* מעולה. מתקדמים הלאה ונבדוק על הדוגמה.
4. ניקח דוגמה של אלקטרון חופשי נע בשדה חשמלי אחיד ניצב למהירות של האלקטרון. דוגמה מוכרת ופשוטה. אלקטרון מואץ בעזרת אלקטרודות האצה ונכנס לשדה אחיד של קבל לוחות. תחת השפעה של השדה החשמלי של הלוחות אלקטרון מוסט לכיוון אחד מהלוחות - תלוי בסימן המטען של הלוח. המסלול שאלקטרון יעשה בין הלוחות יהיה פרבולי לפי המודל הכי פשוט. האם יש צורך להזכיר איך מקבלים את הביטוי? מעולה, לא צריך. כמו ש אתם רואים בתמונה – אנחנו הולכים למדוד ולבדוק את זה.
5. כמו שרואים בעין – המסלול בוודאות לא לינארי. זאת מסקנה איכותנית. אנחנו מעוניינים לקבל מסקנה כמותית. בעזרת קנה מידה שיש בתמונה (כל ריבוע הוא סנטימטר לסנטימטר), נוכל להפוך את המידע ויזואלי לזוגות מדידות (x,y). מעולה. אני באופן ידני סימנתי 7 מדידות וחישבתי חי בריבוע.
6. בוא נקרא ביחד קוד קצר שכתבתי – הוא קל וקריא. נעשה יבוא של הספרייה הנדרשת. נרשום זוגות מדידות שלנו. אני אוהבת לעשות ככה. כאן – נקודה חשובה! כל מדידה צריכה להיות מלווה בערכת שגיאה שלה. לפעמים הערכה נובעת מהרבה מדידות ואנחנו מסוגלים לחשב סטיית תקן, ולפעמים יש רק מדידה בדידה ואנחנו עושים עכרת שגיאה משיקולים אחרים. במקרה הזה אני מעריך שגיאה כחצי מילימטר. מה אתם חושבים על הערכה שלי? פסימית? אופטימית? אופטימלית? נראה ביחד. אחרי זה אני מגדיר מודל. מיד אחרי זה עושה התאמה ומחשב חי בריבוע. כמו שאתם רואים חי בריבוע יצא 0.64. זה טוב לדעתכם? אתם זוכרים את המבחן שהצגתי לכם לפני 5 דקות? נכון, זה טוב, כי פחות מ1. אבל כבר יש לנו קריטריון כזה המום וקוראים לו אר בריבוע. למה חי בריבוע יותר טוב.
7. מי שיודע תכונות של התפלגות חי, הוא יכול לתת מסקנה עמוקה במבוססת. מה זה התפלגות חי בריבוע? זאת אחת מההתפלגויות סטטיסטיות ידועות כמו שהתפלגות פואסונית או גאוסיאנית. בשקף הזה הצגתי אותה לכמה פרמטרים רלוונטיים לדיון שלנו. ננסה להבין מה נותנת לנו את ההתפלגות הזאת. קיבלנו חי בריבוע מצומצם 0.64. מעולה. בציר אופקי אני אמצא את 0.64 בערך. אני זוכר שמספר דרגות חופש היה 6. הקו הכחול נותן לי הסתברות 70%. אוקי. בואו נחבר הכול ביחד למסקנה: מדדתי 7 מדידות עם שגיאת מדידה חצי מילימטר, הנחתי מודל פרבולי עם פרמטר התאמה אחד, חישבתי חי בריבוע מצומצם שאומר - הסתברות שהמודל המתמטי הזה תקף לסט של המדידות היא – 70%. וואו! זאת תשובה מבוססת. בלי אפילו לראות איך נתונים יושבים על הקו.
8. בכל זאת נראה התאמה גם בצורה גרפית. מצוין. האם טוב לי 70%? איך אפשר לשפר? נכון! גם מהתפלגות אנחנו רואים שכדאי לנו למדוד יותר זוגות (x,y).
9. לקחתי 20 מדידות עם שגיאת מדידה חצי מילימטר, הנחתי מודל פרבולי עם פרמטר התאמה אחד, חישבתי חי בריבוע מצומצם שאומר - הסתברות שהמודל המתמטי הזה תקף לסט של 20 מדידות היא – 93%.אני רוצה להדגיש כאן שני היתרונות של חי בריבוע מצומצם: 1) הוא נותן הערכה סטטיסטית לסיכוי התאמה 2) הוא מתייחס לדיוק של המדידות! ולא רק מתייחס הוא גם מאוד רגיש להערכת שגיאה. אני מיד נותן דוגמה...
10. החלטתי להקטין הערכת שגיאה לחצי. במקום חצי מילימטר – אניח שהשגיאה היא רבע מילימטר. לאותו סט הנתונים קיבלתי הסתברות 1%! המודל כבר לא מסוגל לתאר את הנותנים למרות שוויזואלית עדיין יש רושם של התאמה.
11. האם הצלחתי לשכנע אותם שחי בריבוע זה דבר טוב יותר מאר בריבוע?