

שאלות חשיבה מחקרית

שאלות מסוג זה בוחנות את יכולתו של הנבחן להתבונן במבט ביקורתי על דרכי הסקת מסקנות הקיימות במדעי הטבע, החברה או הרוח. גם שאלות אלה יכולות להופיע במגוון של נוסחים, ולהתייחס לשלבים השונים בתהליך של הסקת מסקנות מחקריות: קביעת הנחות, ביצוע ניסויים, מציאת הגורמים והסיבות לתופעה מסוימת שתוארה, ניסוח השערות ובחינה של השערות לאור נתונים חדשים.

נציג עתה כמה עקרונות כלליים שיכולים לסייע בפתרון שאלות מסוג זה. עקרונות אלה תקפים לא רק לתחומים אקדמיים, אלא גם לנושאים יום-יומיים, כפי שנראה בדוגמאות.

הנחות

כאשר אנו מסיקים מנתון כלשהו או ממספר נתונים יחדיו מסקנה מסוימת, בדרך כלל אנחנו לוקחים בחשבון כמה הנחות בסיסיות, שבלעדיהן לא היינו יכולים להסיק את המסקנה. ניתן להסתכל על הנחות כאלה כעל "גשר" המוביל אותנו מהנתונים אל המסקנה, ובלעדיו לא היינו יכולים לעבור מן המידע (הנתונים) אל המסקנה הסופית. בבחינה יכולות להופיע שאלות בהן נתבקש לזהות את ההנחה שנדרשה לשם הסקתה של מסקנה מסוימת.

שאלה לדוגמה:

קבוצת אסטרונומים הגיעה למסקנה שהמסה של כוכב לכת משפיעה על צבעו. כראיה לכך הציגו החוקרים את העובדה כי כאשר משתנה רמת הקרינה שכוכב פולט משתנה גם צבעו.

איזו מהטענות הבאות היא הנחה מוקדמת העומדת בבסיס הראיה שהציגו החוקרים?

(1) רמת הקרינה שפולטים כוכבי לכת יכולה להשתנות

(2) רמת הקרינה של כוכב וצבעו נקבעים שניהם לפי גילו של הכוכב

(3) לכוכבי לכת יכולים להיות צבעים שונים

(4) רמת הקרינה שכוכב פולט תלויה במסתו

פתרון:

תשובה (1): הנחה זו אינה הנחה הנדרשת לשם הסקת המסקנה, אלא עובדה המשתמעת מכך שהחוקרים מדברים על כוכבי לכת שרמת הקרינה שלהם השתנתה. התשובה נפסלת.

תשובה (2): הנחה זו אינה יכולה להוות בסיס למסקנה, משום שאם רמת הקרינה של כוכב וצבעו נקבעים שניהם על ידי אותו גורם (גיל הכוכב), אין סיבה להסיק שיש קשר בין צבע הכוכב למסתו. שכן, על פי נתון זה צבע הכוכב ורמת הקרינה שלו מושפעים מגילו של הכוכב ולא ממסתו. התשובה נפסלת.

תשובה (3): הנחה זו אינה הנחה הנדרשת לשם הסקת המסקנה, אלא עובדה המשתמעת מכך שהחוקרים מדברים על כוכבי לכת שצבעם שונה. התשובה נפסלת.

תשובה (4): הנחה זו אכן נדרשת לשם הסקת המסקנה, משום שאם הסקנו מסקנה על הקשר שבין המסה לצבע בהתבסס על רמת הקרינה שכוכב פולט, הרי שהתבססנו על הנחה לפיה **קיים קשר** בין מסת הכוכב לבין רמת הקרינה שלו. ניתן להציג זאת כך: מסת הכוכב ← רמת הקרינה של הכוכב ← צבע הכוכב. זו התשובה הנכונה.

התשובה הנכונה היא (4).

תכנון ניסוי לבדיקת השערה

נניח שיש לנו השערה מחקרית כלשהי ואנחנו רוצים לבדוק אותה. מה עלינו לעשות? הרעיון הכללי הוא לתכנן ניסוי, שתוצאותיו יושפעו מנכונות או מאי-נכונות ההשערה שלנו. אם ההשערה שלנו נכונה, נראה תוצאות מסוימות, ואם היא לא נכונה, נראה תוצאות אחרות. כך נוכל לדעת לפי תוצאות הניסוי האם ההשערה נכונה.

דוגמה: נסיך מחפש בחורה צעירה שרקדה איתו בנשף אך ברח ממנו בחצות הלילה. בזמן הבריחה, נפלה מרגלה של הבחורה אחת מנעליה. הנסיך יודע שיש רק בחורה אחת בממלכה שנעל זו תתאים לה, וזו הבחורה שהוא מחפש. יום אחד פוגש הנסיך בבחורה בשם סינדרלה, והוא משער כי סינדרלה היא הבחורה שהוא מחפש. איך יבדוק הנסיך את השערתו? הוא יבצע ניסוי, שבמהלכו ימדוד את הנעל שנפלה על רגלה של סינדרלה. אם הנעל תתאים, סינדרלה היא הבחורה המבוקשת וההשערה נכונה. אם הנעל לא תתאים, ההשערה לא נכונה.

פשוט, לא? הבעיה היא שהניסוי לא תמיד מאפשר לתת תשובה חד-משמעית לשאלה האם ההשערה נכונה, אלא רק להוסיף מידע לגבי הסבירות שההשערה נכונה. זה מביא אותנו לנושא של ממצאים המחזקים או מחלישים השערה.

ממצאים מחזקים ומחלישים

נניח שאנו רוצים לבדוק את ההשערה הבאה: "אור השמש גורם לצמחים לצמוח מהר יותר".

מה עלינו לעשות אם ברצוננו לבדוק השערה זו? באופן טבעי, ננסה לשים צמח א' בשמש וצמח ב' בצל, ונבדוק מי מהצמחים גדל מהר יותר.

הממצאים: נניח שגילינו שאכן צמח א', שהיה בשמש, צמח מהר יותר. על ממצא כזה נאמר שהוא **מחזק** את ההשערה שלנו, **משום שהוא תומך בה**.

אך האם בהכרח זה מבטיח שההשערה שלנו נכונה? נראה כעת נתון נוסף שיגרום לנו להטיל ספק בהשערה שלנו: צמח א' קיבל יותר מים מצמח ב'. בהתחשב בנתון זה, ייתכן שמה שגרם לצמח א' לגדול מהר יותר היא לא העובדה שהוא היה בשמש, אלא שהוא קיבל יותר מים מצמח ב'. על נתון כזה נאמר שהוא **מחליש** את ההשערה שלנו. חשוב לזכור שאם התנאים בהם גידלנו את שני הצמחים, פרט לחשיפתם לאור שמש, לא היו זהים (כמות המים והחמצן שהם קיבלו, סוג הצמח וכד'), **לא נוכל לדעת האם דווקא אור השמש הוא מה שיצר את ההבדל בקצב צמיחת הצמחים**.

נבחן נתון נוסף אפשרי ונבדוק האם הוא מחזק או מחליש את ההשערה: נתון כי צמח ב' קיבל דשן מיוחד שמזרז את קצב הצמיחה. לכאורה היינו מצפים שבמצב כזה צמח ב' יצמח מהר יותר. העובדה שצמח א' הוא זה שצמח מהר יותר, **למרות** שצמח ב' הוא זה שקיבל את הדשן המיוחד, **מחזקת את ההשערה כי אור השמש גורם לצמחים לצמוח מהר יותר** שהרי היינו מצפים שצמח ב' הוא זה שיצמח מהר יותר וכיוון שקרתה התופעה הפוכה, כנראה שנתון החשיפה לאור הוא זה שהשפיע.

דוגמה נוספת:

דני הקטן אמר לאימו: "בכל פעם שאני מתעורר בבוקר, השמש זורחת בשמיים. לכן, הגעתי למסקנה שההתעוררות שלי בבוקר גורמת לשמש לזרוח בשמיים".

ברור לנו שתהליך הסקת המסקנה של דני הקטן שגוי - עצם העובדה שהשמש זורחת **לאחר** שדני מתעורר בבוקר, אינה מעידה **בהכרח** על כך שהתעוררותו של דני היא הגורם לזריחת השמש (כלומר - כנראה/ייתכן והשמש היתה זורחת גם אם דני לא היה מתעורר בבוקר).

☞ **חשוב לשים לב** לשגיאות מסוג זה גם כאשר ניתקל בדוגמאות מורכבות יותר. השגיאה של דני היא דוגמה לשגיאה נפוצה, המתרחשת כשאנו הופכים את הסיבה לתוצאה ואת התוצאה לסיבה, או מצב בו אנו קובעים מה הסיבה ומה התוצאה, למרות שאין זה אפשרי לקבוע זאת.

נניח למשל שקיבלנו את הנתון הבא: "מחקר שפורסם לאחרונה הציג נתונים לפיהם ילדים אשר דיווחו כי הם אוהבים לשחק במשחקי מחשב הם גם תלמידים שמשיגים ציונים טובים יותר בבית הספר".

מכך ניתן **לכאורה** להסיק שמשחקי המחשב הם שמשפרים את ההישגים הלימודיים של הילדים שמשחקים בהם, אך ייתכן שהמצב דווקא הפוך - ילדים חכמים שמשיגים ציונים גבוהים בלימודים נמשכים יותר למשחקי מחשב ואוהבים לשחק בהם יותר מאשר ילדים אחרים (או, נניח, שהם מסיימים את שיעורי הבית מהר יותר ולכן יש להם זמן רב יותר לשחק במשחקי מחשב). מכאן, שישנן לפחות שתי מסקנות אפשריות, ולא ניתן לקבוע איזו מהן נכונה, משום שאנו לא יודעים מה הסיבה ומה התוצאה. **לשם כך עלינו לערוך ניסוי, או לקבל עוד נתונים שישפכו אור על הסיבה והתוצאה.**

נתונים שאינם רלוונטיים למחקר או למסקנה

לעיתים ניתקל בנתונים שלא יחזקו ולא יחלישו את המסקנה שלנו. אלה יהיו נתונים שאינם רלוונטיים לתהליך הסקת המסקנה שהסקנו או לנושא המחקר בו אנו עוסקים. למשל, נניח שהסקנו צמחים שחשופים יותר לאור השמש גדלים מהר יותר. אם נקבל כעת נתון נוסף, לפיו **כלבים** שחיו בשמש לא הראו כל שינוי בקצב גדילתם, אין סיבה שנשנה את המסקנה שלנו, משום שקצב גדילתם של כלבים אינו רלוונטי לקצב גדילתם של צמחים! באותו אופן, אם נקבל נתון לפיו כלבים שחיו בשמש גדלו מהר יותר מכלבים אחרים, לא נוכל לומר שזה מחזק את המסקנה שלנו, כי עדיין אין או לא אמור לכאורה להיות קשר בין גדילתם של כלבים לגדילתם של צמחים.

חריגים לאמור לעיל, הם מקרים בהם המסקנה תהיה כללית יותר: לדוגמה: **כל מה** שנחשף לשמש צומח מהר יותר. ה"כל מה" המוזכר במסקנה הכללית, בהחלט יכול להכיל ולהתייחס לא רק לצמחים, אלא למעשה את **כל מה** שחשוף לשמש. לפיכך, במקרה כזה כלבים שנחשפו לשמש יוכלו אולי לחזק את ההשערה/המסקנה.

בנוסף, בהחלט תיתכן קבוצה **דומה** לקבוצה עליה בוצע הניסוי, מאותו עולם תוכן, באמצעותה נוכל להחליש או לחזק את מסקנתנו, לדוגמה: הניסוי מתבצע על פרחים לבנים, ותוצאה דומה מתקבלת בפרחים אדומים. מסקנה המתייחסת לפרחים באשר הם, ולא ספציפית לפרחים לבנים, היא מסקנה שיכולה לקבל חיזוק או החלשה ע"י נתונים המתייחסים לפרחים אדומים.

ניסוחים מיוחדים

- **מה מהבאים אינו מחליש את המסקנה:** במקרה זה ניתן להסיק בוודאות כי 3 תשובות מחלישות בהכרח את המסקנה. התשובה הנותרת או שאינה קשורה או שמחזקת.
- **מה מהבאים אינו מחזק את המסקנה:** במקרה זה ניתן להסיק בוודאות כי 3 תשובות מחזקות בהכרח את המסקנה. התשובה הנותרת או שאינה קשורה או שמחלישה.
- **מה מהבאים אינו מחזק ואינו מחליש את המסקנה:** במקרה זה ניתן להסיק בוודאות כי 3 תשובות מחלישות או מחזקות בהכרח את המסקנה. התשובה הנותרת, אינה קשורה.

לסיכום

מסקנה או השערה תעסוק בדרך כלל בסיבה ובתוצאה. נתון **שמחזק** מסקנה הוא נתון המאשש כי התוצאה שציפינו לה אכן מתרחשת כאשר הסיבה מתקיימת, או נתון השולל קיום של סיבה אחרת (חלופית) לתוצאה המדוברת. נתון **שמחליש** מסקנה בדרך כלל מעלה אפשרות לקיום סיבה חלופית לתוצאה המדוברת. אם הנתון אינו רלוונטי לנתונים לפיהם הסקנו את המסקנה, ובפרט אינו מאשש שהתוצאה שציפינו לה מתקיימת, וגם אינו מעלה סיבה חלופית לתוצאה, נאמר שהוא **אינו מחזק ואינו מחליש** את המסקנה.

תרגול ממצאים מחזקים ומחלישים

בניסוי שנערך נמצא כי אנשים שאכלו לפני הניסוי תותים או אבטיחים הצליחו להתרכז יותר במהלך הניסוי. השערת החוקרים הייתה שמאכלים אדומים מעלים את רמת הריכוז. סמן לגבי כל אחד מהנתונים הבאים האם הוא מחזק את ההשערה, מחליש אותה או לא מחזק ולא מחליש אותה.

1. במאכלים אדומים אין ויטמין C, וידוע שויטמין C משפר את הריכוז
2. כל מי שאכל תותים או אבטיחים לפני הניסוי שתה לאחר מכן כוס מים
3. במחקר שנערך באנגליה נמצא שילדים שאכלו עגבניות אדומות לפני מבחנים השיגו ציונים גבוהים יותר מילדים שלא אכלו עגבניות אדומות לפני מבחנים
4. תפוחים ירוקים משפרים את יכולת הריכוז
5. מי שלא אכל מאכלים אדומים לפני הניסוי לא אכל בכלל במשך כמה שעות לפני הניסוי

פתרונות לתרגול נתונים מחזקים / מחלישים

1. הנתון אינו מחזק את ההשערה שבשאלה כי אינו מביא עובדה לביסוס ההשערה, אולם מצד שני הוא גם לא מחליש את ההשערה כי גם אם במאכלים אדומים אין ויטמין C שמשפר את הריכוז, ייתכן שיש בהם חומר אחר שמעלה את רמת הריכוז.
2. כל מי שאכל תותים או אבטיחים לפני הניסוי שתה לאחר מכן כוס מים - במקרה כזה ייתכן שהסיבה לעלייה בריכוז היתה המים שהם שתו ולא המאכלים האדומים. נתון זה מחליש את המסקנה.
3. במחקר שנערך באנגליה נמצא שילדים שאכלו עגבניות לפני מבחנים השיגו ציונים גבוהים יותר מילדים שלא אכלו עגבניות לפני מבחנים - הנתון מחזק את ההשערה משום שזו דוגמה **נוספת** למצב בו לאחר אכילת מאכל **אדום** חלה עליה ברמת הריכוז.
4. תפוחים ירוקים משפרים את יכולת הריכוז: הנתון אינו מחזק את ההשערה אך גם לא מחליש אותה, כי **ייתכן** שגם תפוחים ירוקים וגם מאכלים אדומים מעלים את רמת הריכוז.
5. מי שלא אכל מאכלים אדומים לפני הניסוי לא אכל בכלל במשך כמה שעות לפני הניסוי - הנתון מחליש את ההשערה משום שייתכן שהסיבה לריכוז הנמוך יותר בקרב מי שלא אכל מאכלים אדומים לפני הניסוי היא העובדה שהוא **לא אכל כלום**, כלומר אין סיבה לומר שדווקא מאכלים אדומים מעלים את רמת הריכוז, ובהחלט ייתכן שכל מזון באשר הוא מעלה את הריכוז ללא תלות בצבעו.

שאלה לדוגמה:

חוקרים ביקשו לבדוק את השפעת ריחו של פרח הנורית על חולי אסטמה. מהמחקר שערכו עלה, כי חולים אשר הריחו מדי יום את פרח הנורית חשו הידרדרות במצבם לאחר מספר שבועות. על כן הסיקו החוקרים כי לריחו של פרח הנורית השפעה שלילית על חולי האסטמה.

איזה מהנתונים הבאים **לא מחליש** את מסקנתם של עורכי המחקר?

- (1) פרחים מסוימים גורמים אלרגיה לחולי אסטמה
- (2) החולים הפסיקו לקחת תרופות לטיפול באסטמה במהלך תקופת הניסוי
- (3) מצבם של חולי אסטמה בדרך כלל הולך ומדרדר עם הזמן
- (4) הפרחים שניתנו למשתתפים בניסוי רוססו בחומרים כימיים שונים

פתרון:

תשובה (1): נתון זה עשוי לספק הסבר לשאלה מדוע פרח הנורית הזיק למשתתפי המחקר (גרם לאלרגיה). עם זאת, נתון זה **לכל היותר** מסביר את מסקנת החוקרים ובכל מקרה אינו מחליש אותה באופן מובהק. זו התשובה הנכונה.

תשובה (2): נתון זה מציג הסבר חלופי שמחליש את המסקנה. ההידרדרות שחשו חולי האסטמה לא נגרמה בעקבות ריחו של פרח הנורית, אלא בגלל שהם הפסיקו לקחת את התרופות לטיפול במחלת האסטמה. התשובה נפסלת.

תשובה (3): נתון זה מציג הסבר חלופי שמחליש את המסקנה. ההידרדרות שחשו חולי האסטמה לא נגרמה בעקבות ריחו של פרח הנורית, אלא בגלל שזהו אחד התסמינים של מחלת האסטמה. התשובה נפסלת.

תשובה (4): נתון זה מציג הסבר חלופי שמחליש את המסקנה. יכול להיות שההידרדרות שחשו חולי האסטמה לא נגרמה בעקבות ריחו של פרח הנורית, אלא בעקבות החומרים הכימיים השונים שרוססו על פרחי הנורית. התשובה נפסלת.

התשובה הנכונה היא (1).