

נספח א: ניתוח משחק של שליטה במידע עם דיווח סלקטיבי

נדגים כיצד יכולה להתרחש הסתרת מידע נרחבת בתקשורת האסטרטגית שבין המדינה לאזרחיה בהקשר של מבצע חיסוני הקורונה באמצעות ניתוח של מודל פשוט. המודל מתאר משחק של שליטה במידע, שהשחקנים המשתתפים בו הם המדינה ואזרחיה, כשהמדינה מחזיקה ברשותה במידע פרטי אודות בטיחותם ויעילותם של תכשירי חיסון הקורונה, מידע שאינו זמין לאזרחים הזקוקים לו לצורך תהליך קבלת ההחלטות שלהם. במסגרת המשחק, המדינה בוחרת האם לדווח או להסתיר את המידע הפרטי שברשותה כשמטרתה היא לעודד התחסנות בקרב האזרחים, ואילו האזרחים בוחרים האם להתחסן או לא בהתאם לבסיס המידע העומד לרשותם.

על מנת להמחיש כיצד פרשנות לא רציונלית של שתיקה מצד המדינה על ידי חלק מהאזרחים גורמת להסתרה אסטרטגית של מידע פרטי שברשות המדינה, נניח כי שיעור $0 \leq \lambda \leq 1$ מתוך ציבור האזרחים אינו פועל בצורה רציונלית, ומייחס פרשנות נאיבית לתרחיש של שתיקה מצד המדינה. כל יתר השחקנים (ששיעורם באוכלוסייה הינו $1 - \lambda$) מתנהגים בצורה רציונלית. במקרה הקצה הפרטי $\lambda = 0$, שבו כל האזרחים מתנהגים בצורה רציונלית, מתקבל שיווי משקל של גילוי מלא, שבו המדינה בוחרת מרצונה החופשי לגלות את מלוא המידע הפרטי שברשותה, עגום ככל שיהיה תוכנו. אולם, כאשר ישנו שיעור חיובי $\lambda > 0$ של אזרחים באוכלוסייה שפועלים בצורה לא רציונלית ומפרשים את השתיקה בצורה נאיבית, הרי שאפשרות השתיקה הופכת להיות לעתים אופטימלית למדינה, ומתקבל שיווי משקל של גילוי חלקי וסלקטיבי, שבו המדינה חושפת לציבור האזרחים מידע פרטי שברשותה רק אם תוכנו מספיק טוב, ואחרת היא מסתירה אותו מפניהם. ככל שערך הפרמטר λ עולה, כך שיווי המשקל שמתקבל במשחק מתאפיין בפחות גילוי וביותר הסתרה של מידע.

הערך של תכשיר החיסון מוגדר במודל כהפרש בין התועלת ממנו בהגנה מפני נגיף הקורונה לבין העלות שבציודו, המתבטאת בחשיפה לתופעות לוואי. ההנחה היא שערך החיסון כפוף לאי ודאות, ועל כן מיוצג במודל באמצעות משתנה מקרי \tilde{v} . למען הפשטות, נניח כי המשתנה המקרי \tilde{v} מתפלג נורמלית עם תוחלת μ ושונות σ_0^2 . אזרחי המדינה אינם יודעים את הריאליזציה v של המשתנה המקרי \tilde{v} , אך ההנחה היא שההתפלגות שלו $\tilde{v} \sim N(\mu, \sigma_0^2)$ ידועה לכולם, ומייצגת את האמונות המוקדמות של האזרחים באשר לערך החיסון. הפרמטר $1/\sigma_0^2$ מתאר את רמת הדיוק של המידע המוקדם של האזרחים לגבי ערך החיסון. המודל אינו מגביל את ערך הפרמטר σ_0^2 , אך רמת אי הוודאות האפרורית הגבוהה של האזרחים והמידע המוקדם המצומצם שלהם לגבי ערך החיסון, כפי שמשקף מתוך המציאות, מתוארים במודל על ידי ערכי σ_0^2 גבוהים במיוחד. האזרחים זקוקים למידע אודות החיסון לצורך קבלת החלטת ההתחסנות, וההנחה היא ששיעור ההתחסנות בקרב הציבור עולה ככל שהערך הממוצע שהאזרחים מייחסים לחיסון גבוה יותר.

פערי המידע בין הפירמה למשקיעים מתוארים במודל באמצעות מידע (סיגנל) פרטי רועש העומד לרשות המדינה ומאפשר לה להעריך את ערך החיסון \tilde{v} בצורה מדויקת יותר מאשר הציבור (אם כי לא בהכרח ברמת דיוק מושלמת). הסיגנל הפרטי של המדינה מיוצג על ידי הראליזציה s של משתנה מקרי $\tilde{\varepsilon} = \tilde{v} + \tilde{\varepsilon}$, כאשר $\tilde{\varepsilon}$ הוא משתנה מקרי בלתי תלוי ב- \tilde{v} , אשר מייצג את הרעש במידע, ומתפלג נורמלית עם תוחלת אפס ושונות σ_1^2 . מתוך ההתפלגויות $\tilde{v} \sim N(\mu, \sigma_0^2)$ ו- $\tilde{\varepsilon} \sim N(0, \sigma_1^2)$ של המשתנים הבלתי תלויים \tilde{v} ו- $\tilde{\varepsilon}$, מתקבלת ההתפלגות $\tilde{s} \sim N(\mu, \sigma_0^2 + \sigma_1^2)$ של המשתנה המקרי \tilde{s} . הפרמטר $1/\sigma_1^2$ מתאר את רמת הדיוק של הסיגנל הפרטי שבידי המדינה. ההנחה של המודל היא שהראליזציה s של הסיגנל \tilde{s} מהווה את מרכיב הא-סימטריה היחיד במידע בין המדינה לאזרחיה, בעוד שכל יתר הנחות המודל והפרמטרים שלו ידועים לכל השחקנים. עוד מניח המודל כי קיימים ערוצים לתקשורת בין המדינה לאזרחיה, שדרכם המדינה יכולה, אך לא חייבת, לגלות לאזרחים את הראליזציה s של הסיגנל הפרטי \tilde{s} באופן המאפשר לאזרחים לאמת את המידע. המדינה בוחרת האם לגלות את המידע הפרטי שברשותה לאזרחים או להסתירו מפניהם, ואסטרטגיית הגילוי שלה מכוונת לעודד התחסנות בקרב ציבור האזרחים.

כדי לגזור את שיווי המשקל הכלכלי במשחק המתואר במודל שהוצג לעיל, יש לשים לב כי הערך הממוצע שמייחסים האזרחים לחיסון, בהינתן שהמדינה בחרה לגלות את תוכן הסיגנל הפרטי העומד לרשותה, נתון על ידי התוחלת המותנית $E[\tilde{v}|\tilde{s} = s]$ והוא עולה מונוטונית בראליזציה s של הסיגנל \tilde{s} . לעומת זאת, בהיעדר גילוי מצד המדינה, הערך הממוצע שמייחסים האזרחים לחיסון אינו תלוי כלל בראליזציה s של הסיגנל \tilde{s} , שכן זו אינה ידועה לציבור האזרחים. מכאן, נובע שאסטרטגיית הגילוי האופטימלית של המדינה חייבת להיות כזו, שלפיה המדינה בוחרת לגלות את הראליזציה s של הסיגנל הפרטי \tilde{s} לציבור האזרחים אם היא מספיק גבוהה, ונמצאת מעל רף מסוים שנסמנו t , ואחרת – המדינה בוחרת להסתיר את המידע הפרטי שלה מפני האזרחים. לכן, בעוד ששיעור λ מתוך ציבור האזרחים מפרש תרחיש של שתיקה מצד המדינה בצורה נאיבית ומייחס בתרחיש כזה לחיסון ערך ממוצע הזהה לתוחלת האפרורית $E[\tilde{v}] = \mu$, הרי ששיעור $1 - \lambda$ מהאזרחים מפרש תרחיש של שתיקה מצד המדינה בצורה רציונלית ומייחס בתרחיש כזה לחיסון ערך ממוצע נמוך יותר, ה הזהה לתוחלת המותנית $E[\tilde{v}|\tilde{s} < t]$. כלומר, הערך הממוצע שכלל הציבור מייחס לחיסון בתרחיש של שתיקה מצד המדינה הינו $\lambda E[\tilde{v}] + (1 - \lambda)E[\tilde{v}|\tilde{s} < t]$, וערך זה עולה מונוטונית בפרמטר λ שכן $E[\tilde{v}] > E[\tilde{v}|\tilde{s} < t]$.

על מנת למצוא מהו רף הגילוי t בשיווי משקל, נשים לב כי נקודת האדישות בין גילוי לשתיקה היא הנקודה שבה הראליזציה s של הסיגנל \tilde{s} שווה בדיוק לרף הגילוי t . כלומר, בנקודה שבה $s = t$ מתקיים השוויון $E[\tilde{v}|\tilde{s} = t] = \lambda E[\tilde{v}] + (1 - \lambda)E[\tilde{v}|\tilde{s} < t]$ בין הערך הממוצע שהאזרחים מייחסים לחיסון בתרחיש של גילוי ובתרחיש של שתיקה. המשוואה שהתקבלה מגדירה בצורה סתומה את רף הגילוי t בשיווי משקל,

והיא ניתנת להצגה באופן הבא: $F(t) = \lambda(E[\tilde{v}|\tilde{s} = t] - \mu) + (1 - \lambda)(E[\tilde{v}|\tilde{s} = t] - E[\tilde{v}|\tilde{s} < t]) = 0$. תחת הנחות ההתפלגות הנורמלית, הפונקציה $F(t)$ שבאגף שמאל של המשוואה עולה מונוטונית ב- t . כמו כן,

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} F(t) = +\infty \text{ ו- } \lim_{t \rightarrow -\infty} F(t) = \begin{cases} 0 & \lambda = 0 \\ -\infty & \lambda > 0 \end{cases}$$

בצורה רציונלית, אין פתרון סופי למשוואה והפתרון היחיד שלה הוא $t = -\infty$, ומתקבל לפיכך שיווי המשקל

עם גילוי מלא, שבו אסטרטגיית הגילוי האופטימלית של המדינה היא לגלות לאזרחים תמיד את מלוא

המידע הפרטי שברשותה, יהיה אשר יהיה תוכנו. לעומת זאת, עבור ערכי λ חיוביים, לפי משפט

הפונקציות הסתומות, קיים למשוואה הסתומה פתרון סופי יחיד t . כלומר, כאשר ישנו שיעור חיובי $\lambda > 0$

של אזרחים שאינו מתנהג בצורה רציונלית, מתקבל שיווי משקל עם גילוי סלקטיבי, שבו המדינה בוחרת

אסטרטגיית לגלות את המידע הפרטי שברשותה אם ורק אם תוכנו מספיק טוב ונמצא מעל רף הגילוי.

רף הגילוי t הפותר את המשוואה עולה מונוטונית בפרמטר λ , כי הפונקציה $F(t)$ שבאגף שמאל

של המשוואה יורדת מונוטונית בפרמטר λ . מכאן, נסיק כי ככל שגדל השיעור λ של האזרחים בציבור

שמתנהגים בצורה לא רציונלית, כך עולה רף הגילוי t ויש פחות גילוי ויותר הסתרה של מידע.