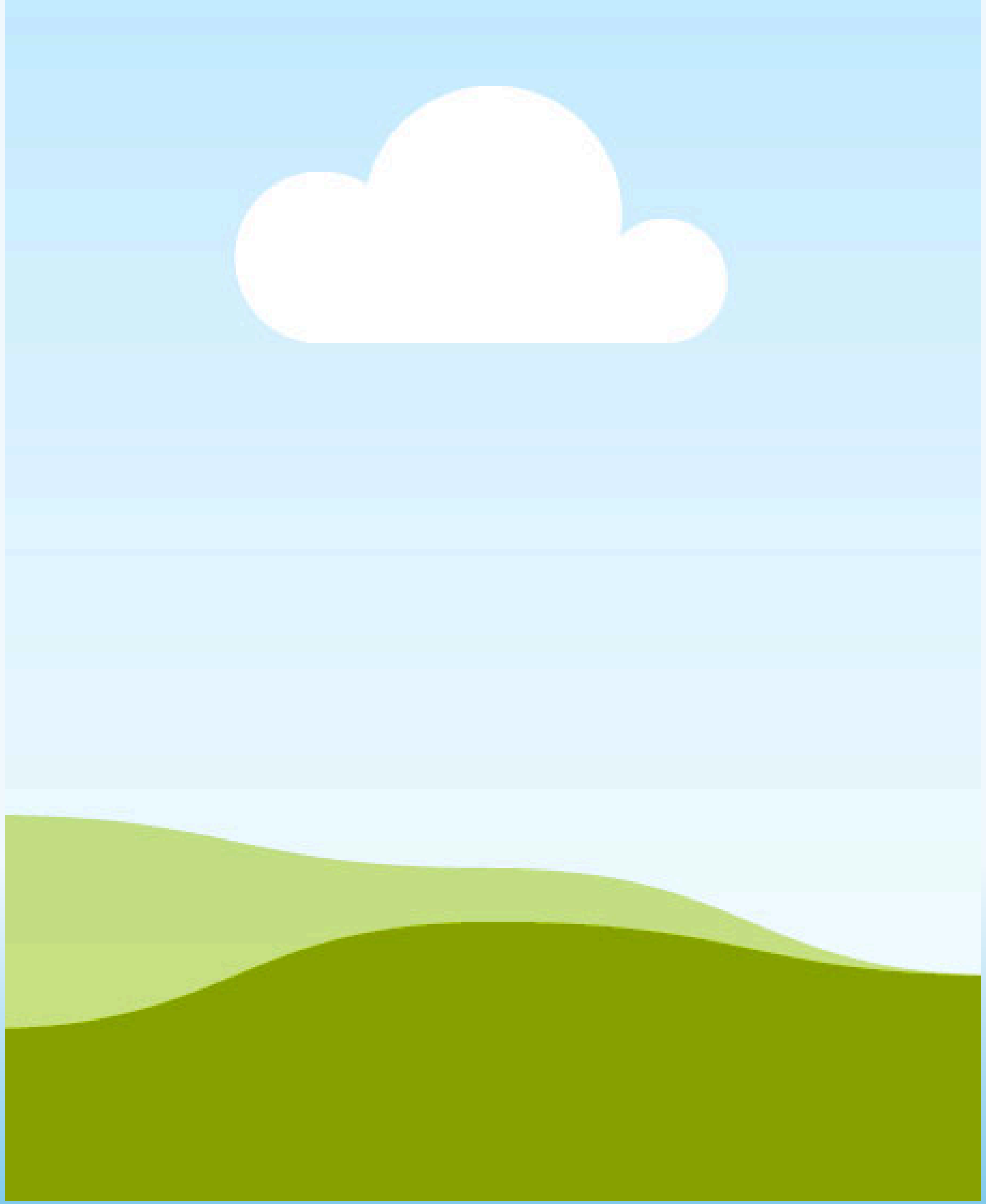
חשיבה מערכתית: עקרונות, יישומים ומחקרים עדכניים

ד"ר סיגל קורדובה
ד"ר ענת ניסל מילר
המחלקה להנדסת תעשייה וניהול
אוניברסיטת אריאל



על סדר היום

הצגת צוות המחקר בחשיבה מערכתית

חשיבה מערכתית- רקע ומחקרים עדכניים

תמונות מספרות חשיבה: מסע מחקרי

מחקרי המשך

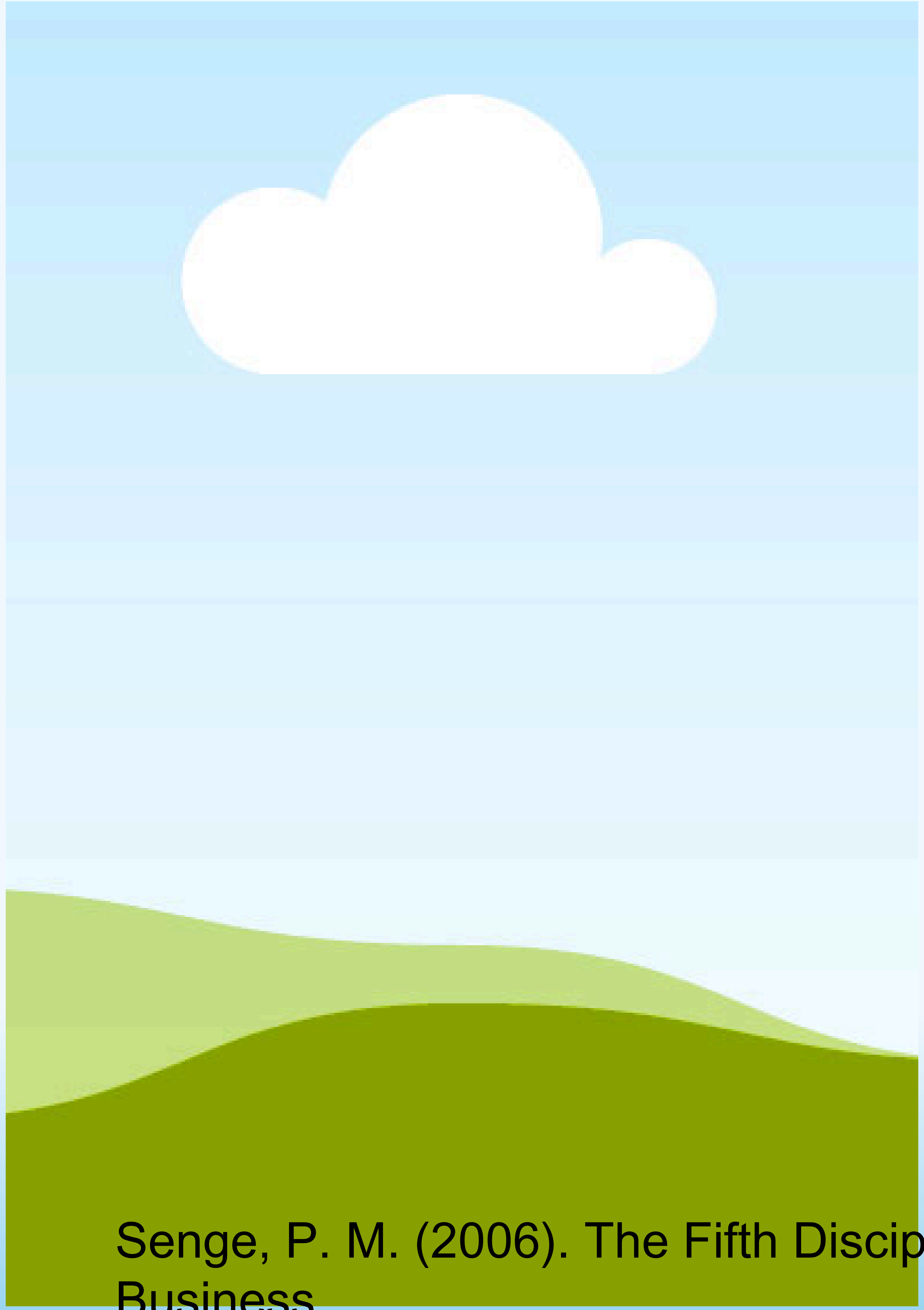
שאלות מהקהל

צוות המחקר בחשיבה מערכתית

ראש הצוות:
ד"ר סיגל קורדובה- ראש המסלול לתואר שני בהנדסת מערכות, המחלקה להנדסת תעשייה וניהול, אוניברסיטת אריאל.

חברי הצוות:
ד"ר ענת ניסל מילר- עמיתת מחקר באוניברסיטת אריאל, מומחית בחשיבה מערכתית
ד"ר שמעון פרידקין- מומחה בניתוח נתונים Datai Science
ד"ר דריו גסינגר- מומחה בטכנולוגית מעקב תנועות עיניים
ד"ר סימון ליבוביץ- מומחית במנהיגות חינוכית ומיומנויות קוגנטיביות
ד"ר גנית אשל- מומחית בהערכה קוגניטיבית
נתנאל יפרח- סטודנט לתואר שני
אורין מור- סטודנטית לתואר שני

מהי חשיבה מערכתית?



- גישה להבנת מערכות מורכבות תוך התמקדות בקשרים בין המרכיבים ולא רק במרכיבים עצמם.
- הגישה מתמקדת בזיהוי תבניות ותהליכים ולא באירועים נקודתיים.
- הגישה רלוונטית לתחומים רבים כמו: הנדסה, ניהול, חינוך ומדעי החברה.
- מערכות מושפעות מתגובות שיכולות להיות מאזנות (שליליות) או מחזקות (חיוביות).
- חשיבה מערכתית מאפשרת פרספקטיבה רחבה- היכולת לראות את התמונה הגדולה ולזהות תבניות חוזרות.

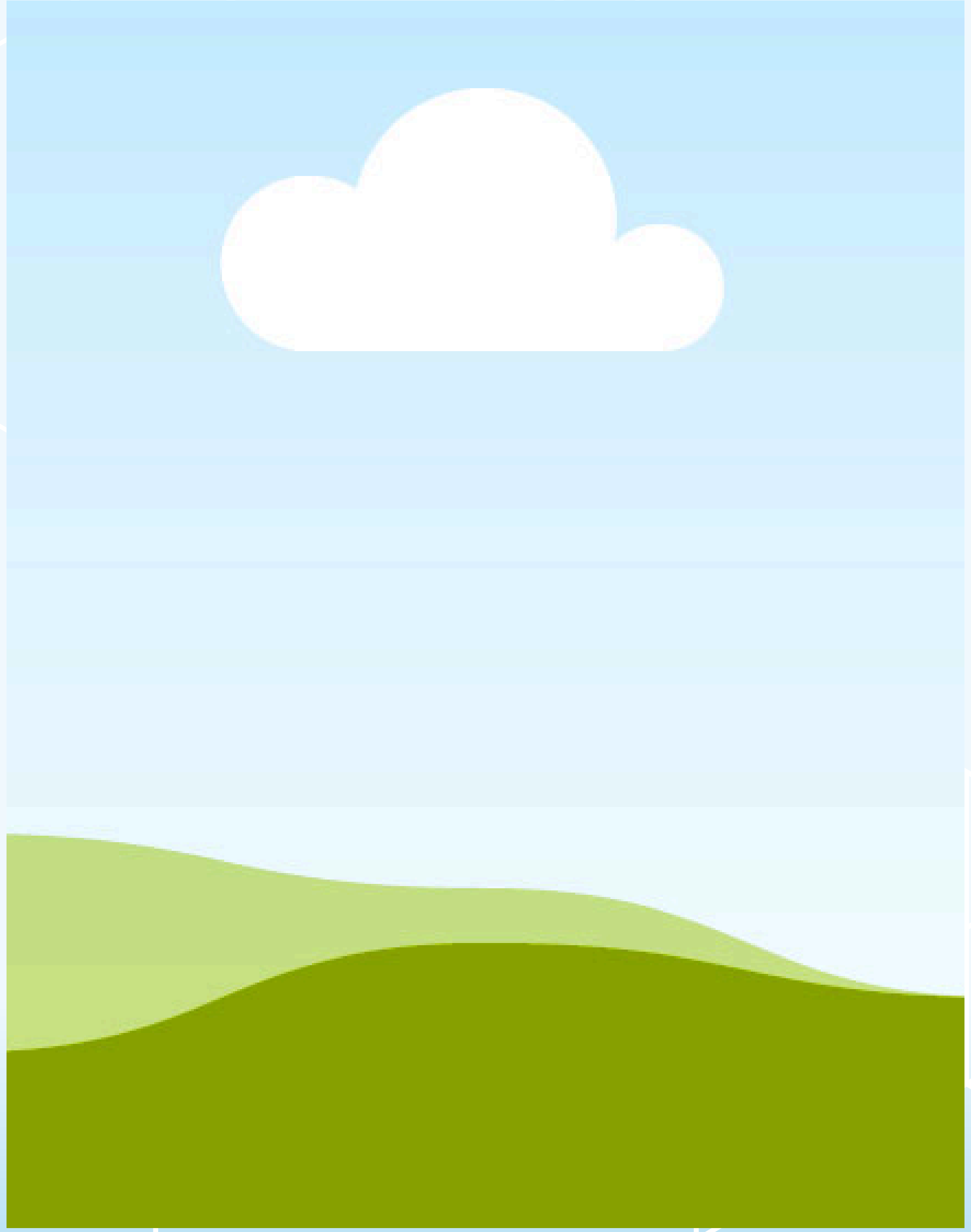
Senge, P. M. (2006). The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization. Doubleday Business
Hitchins, D. K. (2011). Systems Engineering: A 21st Century Systems Methodology. Wiley.

יישומי חשיבה מערכתית

- בהנדסה: שימוש בהבנה מערכתית לתכנון מערכות מורכבות.
- בניהול: קבלת החלטות אסטרטגיות המבוססות על הקשרים בין גורמים ארגוניים.
- בבריאות הציבור: הבנת הקשרים בין משתנים סביבתיים, חברתיים ובריאותיים.
- במדיניות ציבורית: עיצוב רגולציה ואסטרטגיות המתחשבות בהשפעות הדדיות בין מגזרים שונים.
- באקולוגיה וקיימות: הבנת השפעות הדדיות בין מרכיבים סביבתיים כמו שינויי אקלים, ניצול משאבים והתנהגות אנושית.
- בטכנולוגיה וחדשנות: תכנון מערכות מורכבות כמו רשתות תקשורת, ערים חכמות ורובוטיקה מבוססת AI.

Kordova, S., & Frank, M. (2018). Systems Thinking as an Engineering Language. American Journal of Systems Science, 6(1), 16-28.
Capra, F., & Luisi, P. L. (2014). The Systems View of Life: A Unifying Vision. Cambridge University Press.

יתרונות ואתגרים בחשיבה מערכתית



יתרונות:
משפרת קבלת החלטות והבנת תהליכים מורכבים
מסייעת בזיהוי קשרים נסתרים ומניעת כשלים מערכתיים
מטפחת חדשנות וראייה רחבה של בעיות

אתגרים:
דורשת שינוי בתפיסת העולם
עלולה להיות מורכבת ליישום בארגונים היררכיים
קשה למדידה והערכה כמותית

Arnold, R. D., & Wade, J. P. (2015). A definition of systems thinking: A systems approach. Procedia Computer Science, 44, 669-678.

פיתוח מיומנויות חשיבה מערכתית

- לימוד והכשרה- שילוב של חשיבה מערכתית בהכשרות ניהוליות והנדסיות, כולל קורסים ייעודיים והדרכות מקצועיות.
- עבודה בצוותים רב תחומיים- קידום שיתוף פעולה בין מומחים מתחומים שונים.
- שימוש בכלים ויזואליים- מפות קשרים, דיאגרמות זרימה ולולאות משוב.
- למידה מבוססת PBL- גישה להתמודדות עם אתגרים מורכבים בביצוע פרויקט המיישם את הגישה המערכתית.

Kordova, S., Frank, M., (2017). Can We Train Management Students to be Systems Thinkers- Additional Results. 61st Annual Meeting of the International Society for the Systems Sciences (ISSS), Vienna, Austria.

מחקרים מהשנים האחרונות בחשיבה מערכתית

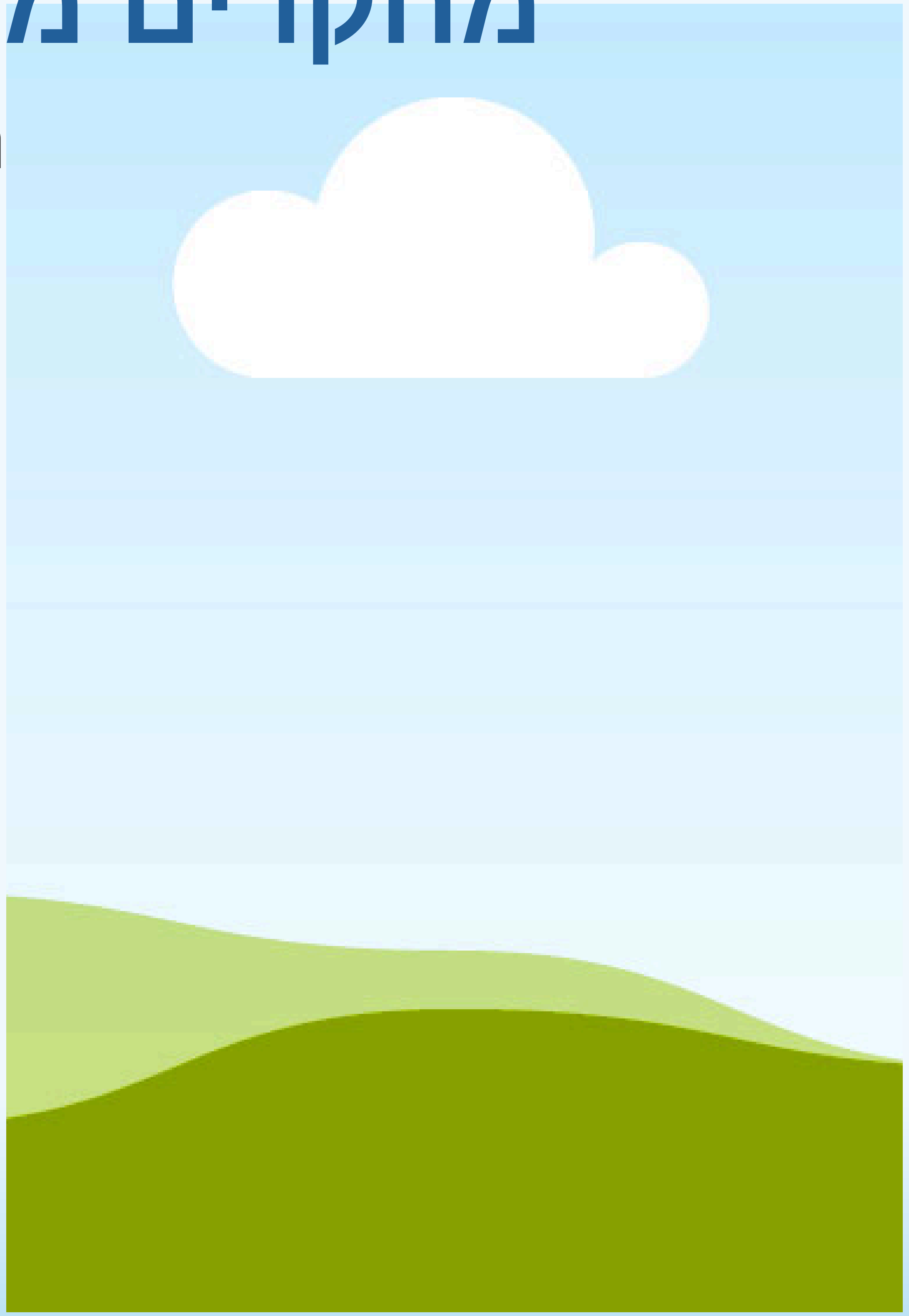
חשיבה מערכתית בחינוך

- המחקר דן בהוראת חשיבה מערכתית בהשכלה הגבוהה ומציג מסגרת להטמעת מיומנות זו בתוכנית הלימודים.
- חשיבה מערכתית חיונית לפתרון בעיות מורכבות בעולם המודרני, אך אינה נרכשת באופן ספונטני ולכן יש לשלבה בהשכלה הגבוהה.
- המאמר מציע גישה להוראת חשיבה מערכתית דרך שילוב שפה מערכתית ושיטות מערכתיות.
- הקורס שנחקר במאמר התמקד במתן כלים לניתוח בעיות באמצעות דיאגרמות זרימה ולולאות משוב.
- המחקר מצא שהסטודנטים שנטלו חלק בקורס שיפרו באופן משמעותי את יכולותיהם בחשיבה מערכתית, בעיקר בזיהוי קשרי גומלין ומשוב.
- חשיבה מערכתית מסייעת לפתח כישורים קוגניטיביים גבוהים ולתרום לקבלת החלטות מושכלת בתחומים רבים.

Elsawah, S., Ho, A. T. L., & Ryan, M. J. (2021). Teaching systems thinking in higher education. INFORMS Transactions on Education,
1-37. https://doi.org/10.1287/ited.2021.0248

מחקרים מהשנים האחרונות בחשיבה מערכתית

חשיבה מערכתית בניהול



- המחקר מתמקד בשילוב בין חשיבה מערכתית וניהול אסטרטגי.
- המחבר מציע שלוש גישות לשילוב חשיבה מערכתית בניהול אסטרטגי:
  - התאמת כלים קיימים לחשיבה מערכתית
  - שילוב נקודת מבט מערכתית בתוך כלים לניהול אסטרטגי
  - זיהוי התאמות אפשריות בין שתי הגישות.
- המחקר מדגיש את חשיבות הבנת יחסי הגומלין בין מרכיבי המערכת הארגונית ושיתוף בעלי העניין בתהליך גיבוש האסטרטגיה.
- ההמלצה היא לפתח כלי חשיבה מערכתית לצורך שימוש בארגונים בסביבות דינמיות.

Kunc., M.(2024). The systems thinking approach to strategic management. Systems, 12(213), 1-17. https://doi.org/10.3390/systems12020213

מחקרים מהשנים האחרונות בחשיבה מערכתית

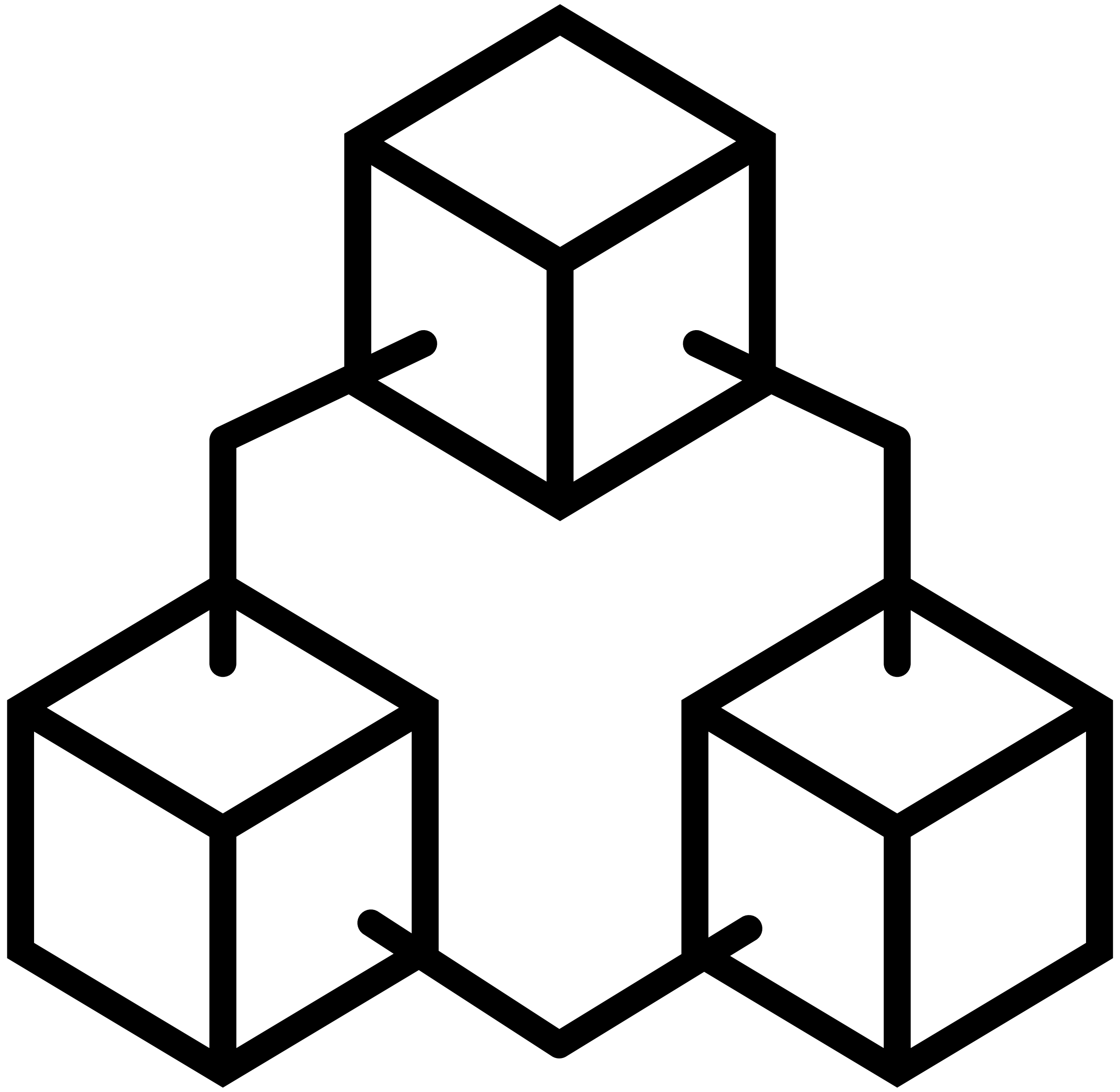
חשיבה מערכתית בהנדסה

- המאמר עוסק ביישום עקרונות חשיבה מערכתית בהנדסה ותכן מערכות.
- החוקרים טוענים כי שילוב של חשיבה מערכתית בתהליך הנדסי מוביל למוצרים ותהליכים טובים יותר, אך חסרה הנחייה מעשית ברורה ליישום עקרונות אלה.
- החוקרים ניתחו 12 כשלים הנדסיים משמעותיים בתכנון גשרים, מטוסים, צוללות ומבנים והצביעו על היעדר שימוש בחשיבה מערכתית כגורם מרכזי לכשל.
- המאמר מציע עקרונות וכלים כגון ניתוח שורש מערכתי, דיאגרמות סיבה תוצאה ומודלים דינמיים על מנת להימנע משגיאות דומות בעתיד.
- מסקנת החוקרים היא שאימוץ מוקדם ושיטתי של חשיבה מערכתית בתכנון הנדסי יכול להפחית כישלונות ולשפר את ביצועי המערכות המורכבות.

Monat, J. P., & Gannon, T. F. (2018). Applying systems thinking to engineering and design. Systems, 6(3), 34. https://doi.org/10.3390/systems6030034

תמונות מספרות חשיבה:
מסע מחקרי

כלי המחקר



שאלון מילולי

השאלון המילולי המקורי להערכת חשיבה מערכתית שאלון להערכת יכולת לחשיבה מערכות הנדסית (CEST) פותח ע"י (2010) Frank ומיועד לאיתור חשיבה מערכתית בקרב מהנדסים .

השאלון המותאם המבוסס על השאלון של Frank כולל 28 הגדים שהותאמו כך שיוכלו לתת מענה למגוון תחומים מלבד הנדסה.

2. כאשר בוחנים תהליך שיפור יש לבדוק כיצד השיפורים ישפיעו על תהליכים אחרים נוספים.

1 – במידה מועטה מאד	2 – במידה מועטה	3 – במידה בינונית	4 – במידה רבה	5- במידה רבה מאד

6. כאשר עוסקים בתהליך מסויים יש צורך להבין גם את תפקידם של אנשי המקצוע האחרים המעורבים בתהליך.

1 – במידה מועטה מאד	2 – במידה מועטה	3 – במידה בינונית	4 – במידה רבה	5- במידה רבה מאד

שאלון מילולי- ניתוח גורמים

גורם 1: אחריות הרכיבים על המערכת

גורם 2: יחסי הגומלין בין רכיבי המערכת

גורם 3: דמיון בין מערכות שונות

גורם 4: חשיבה מערכתית ושינויים במודלים המנטליים

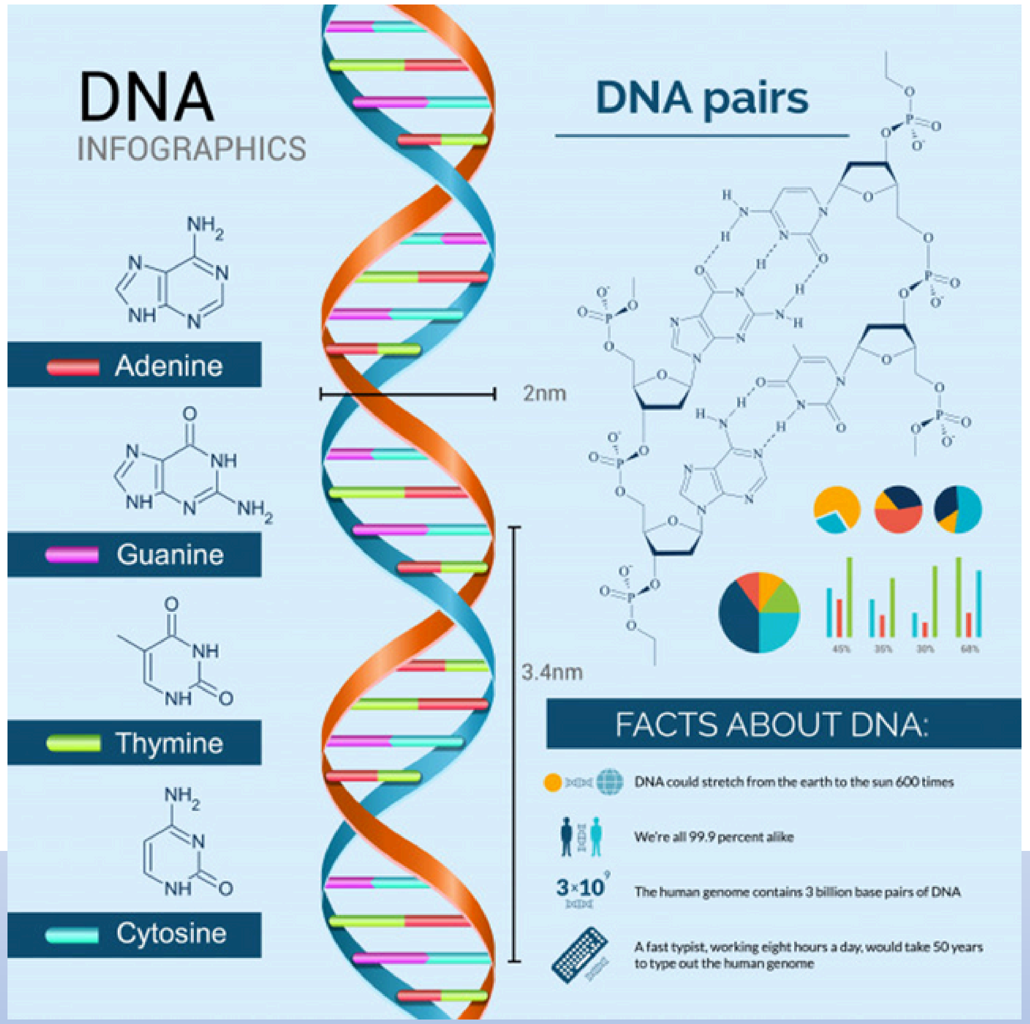
גורם 5: המערכת כשלם ומה משפיע עליה

Statement	Statement no.	Factor				
		1	2	3	4	5
When considering improvement processes, check how improvements affect other processes.	2	**0.57**	0.25	0.26	0.19	0.14
When dealing with a specific topic, the smallest detail related to the subject should be understood.	4	**0.33**	0.2	0.26	0.15	
When you encounter a problem at work, you should break the problem down into components.	8	**0.57**		0.23	0.19	0.32
When encountering a problem, first there is a need to understand the context in which it was created.	14	**0.66**		0.10		
To succeed in performing a role, it is important to acquire knowledge even in subjects that are not from the field of major specialization.	16	**0.51**	0.15	0.36	0.14	
Small changes can create significant results.	19	**0.62**			0.21	0.14
It is important to understand how certain components and processes in an organization affect the way things are done in other components and processes of the organization.	25	**0.69**	0.27		0.29	0.17
It is best to get as many details and explanations as possible when introducing a new product needed for work for the first time.	26	**0.52**				0.13
To reach a decision, a problem must be examined from different points of view.	28	**0.75**				0.12

שאלון חזותי

על מנת למצוא כלי חדש להערכת יכולות חשיבה מערכתית נבנה שאלון חזותי הכולל 41 תמונות המייצגות יכולות חשיבה מערכתיות שונות כאשר כל אחת פתוחה לפרשנויות מגוונות של משתתפים מגוונים.

בחינת תוצאות המענה על האלון חזותי המבוסס על תמונות והשוואתו לשאלון המילולי יכולה לבחון האם השאלון החזותי יכול לאתר חשיבה מערכתית



מהלך המחקר

1. המשתתפים ענו על השאלון המילולי להערכת חשיבה מערכתית.
2. התשובות לשאלון המילולי נותחו לפי חמשת הגורמים המאפיינים חשיבה מערכתית.
3. המשתתפים מילאו את השאלון החזותי.
4. השאלון החזותי חולק ל-5 קבוצות ע"י ניתוח CATPCA.
5. לאחר מילוי השאלונים המילולי והחזותי נבדקה ההתאמה בין התשובות לשני השאלונים

תוצאות המחקר

Question number	Dimension (group)				
	1	2	3	4	5
P21	**1.01**				
P25	**1.01**				
P27	**1.01**				
P28	**0.60**				
P30	**1.01**				
P33	**1.01**				
P34	**1.01**				
P35	**1.01**				
P37	**1.01**				
P39	**1.01**				
P40	**1.01**				
P41	**1.01**				
P10		**0.81**			
P13		**0.53**			
P18		**0.86**			
P20		**0.97**			
P26		**0.72**			
P38		**1.27**			
P2			**0.68**		
P4			**-0.64**		
P5			**-0.54**		
P7			**-0.51**		
P9			**0.48**		
P11			**0.46**		
P12			**0.53**		
P24			**-0.53**		
P31			**0.53**		

Miller, A. N., Kordova, S., Grinshpoun, T., & Shoval, S. (2022). Identifying a systems thinker: Matching a candidate's systems thinking abilities with the job. Applied System Innovation, 5(2), 38.
Miller, A. N., Kordova, S., Grinshpoun, T., & Shoval, S. (2023). Worth 1000 words: Using pictures to identify systems thinkers. Thinking Skills and Creativity, 50, 101401.
Miller, A. N., Kordova, S., Grinshpoun, T., & Shoval, S. (2023, February). To be or not to be a systems thinker: Do professional characteristics influence how students acquire systems-thinking skills?. In Frontiers in Education (Vol. 8, p. 1026488). Frontiers.

Correlations between the factors on the questionnaires for assessing systems thinking

		Average verbal questionnaire Factor **1**	Average verbal questionnaire Factor **2**	Average verbal questionnaire Factor **3**	Average verbal questionnaire Factor **4**	Average verbal questionnaire Factor **5**
r	Average visual questionnaire	0.48	0.10	0.36	-0.01	-0.08
SIG		0.002	0.56	0.02	0.94	0.61

נמצאה קורלציה בין ממוצע התשובות בשאלון החזותי לגורמים 1,3 בשאלון המילולי

גורם 1: אחריות הרכיבים על המערכת

גורם 2: יחסי הגומלין בין רכיבי המערכת

גורם 3: דמיון בין מערכות שונות

גורם 4: חשיבה מערכתית ושינויים במודלים המנטליים

גורם 5: המערכת כשלם ומה משפיע עליה

- גורם 1 מתייחס ליכולת לראות שכל רכיב במערכת הוא חלק מהמערכת ולכן כל חלק במערכת אחראי לתפקודה התקין.

תמונות מתוך השאלון שיכולות לייצג תכונה זו:

- גורם 3 מתייחס לרעיון שלמערכות שונות יש מאפיינים מערכתיים דומים, ומערכות שונות עוקבות אחר אותם חוקים (on-Bertalanffy, 1973).

תמונות מתוך השאלון שיכולות להראות את היכולת של העונים על השאלון לזהות מערכות בתמונות שונות:

Correlations between the verbal questionnaire and the groups in the visual questionnaire

		Average visual questionnaire group **1**	Average visual questionnaire group **2**	Average visual questionnaire group **3**	Average visual questionnaire group **4**	Average visual questionnaire group **5**
r	Average verbal questionnaire	0.35	0.14	0.04	0.02	0.22
Sig		0.03	0.39	0.79	0.88	0.17

נמצאה קורלציה בין קבוצת תמונות 1 בשאלון החזותי לממוצע התשובות בשאלון המילולי

התמונות שנכללות בקבוצה 1 בשאלון החזותי:

מהניתוח ניתן להסיק שהתמונות שנמצאו בקבוצה 1 של השאלון החזותי משקפות שתי יכולות של חשיבה מערכתית: אחריות חלקי המערכת לתפקוד המערכת וההבנה שלמערכות שונות יש מאפיינים דומים.

מחקרי המשך

מטרת המחקרים היא להרחיב את השאלון החזותי על מנת ליצור כלי חדשני נוסף לאיתור בעלי חשיבה מערכתית.

1. הרחבת התמונות בשאלון התמונות:
   - איתור בעלי חשיבה מערכתית מתוך משתתפים שעברו השתלמות בנושא מהי חשיבה מערכתית.
   - יצירת שאלון חזותי המכיל תמונות נוספות
   - שימוש בבעלי החשיבה המערכתית לבחירת תמונות נוספות לשאלון החזותי

2. שימוש במערכת מעקב אחר תנועות עיניים :
   - איתור בעלי חשיבה מערכתית מתוך משתתפים שעברו השתלמות בנושא מהי חשיבה מערכתית.
   - במטרה לבחון האם יש קשר בין דרך ההתבוננות על תמונה לחשיבה מערכתית יעשה שימוש במעקב אחר תנועות עיניים במהלך ההתבוננות בתמונות מתוך השאלון החזותי.

תודה על
ההקשבה