תוכן הגליון

מאמר המערכת 2

לזכר ריקה רם ז"ל 3

גישת "עצמים-תחילה" מול גישת "עצמים-מאוחר-יותר" במבוא למדעי המחשב

עדי גרין 5

טיורינג נגד טיורינג: מבחן טיורינג במבחן

יהושפט גבעון 8

סיכום ביקור בבתי ספר תיכוניים במזרח ארה"ב, ספטמבר 2017

דן בן ישי 15

סיבוכיות של אלגוריתם – מיון גרביים 17

שאלות מראיונות עבודה 22

Mind The Gap 29

טופס משוב 32

קראתם את העיתון?

אל תשכחו למלא את טופס המשוב

הנמצא בעמוד האחרון

ולשלוח אותו אל מינהלת מל"מ.

כתובתנו:

מרכז המורים הארצי למדעי המחשב

הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, טכניון, חיפה 3200003

טלפון 04-8292880 , פקס 04-8293004

מאמר מערכת

קוראים יקרים

לפניכם הגליון הראשון של "הבטים בהוראת מדעי המחשב" לשנת תשע"ח. אתם מוזמנים לקרוא אותו באתר ללא תשלום ולאחר מכן למלא את טופס המשוב ולשלוח אותו למינהלת מל"מ. שליחת דפי המשוב היא התנאי להמשך קיומו של העיתון.

מה בגיליון הפעם?

בפתיחת הגיליון אנו מביאים דברים לזכרה של **ריקה רם ז"ל**, מורה למדעי המחשב בבית הספר חקלאי מקיף "ויצו קנדה" בנהלל.

הדוקטורט של עדי גרין עוסק **בגישת "עצמים תחילה" מול גישת "עצמים מאוחר יותר"** במבוא למדעי המחשב. בשל חשיבות הנושא, אנו מביאים את התקציר של עדי, בתקווה שנוכל בעתיד לפרסם מאמר נרחב יותר.

המאמר של פרופ' יהושפט גבעון (שפי), **טיורינג נגד טיורינג: מבחן טיורינג במבחן** עוסק במבחן טיורינג ובאפשרות שטיורינג פשוט סותר את עצמו, או טוען כנגד טענותיו שלו.

בספטמבר 2017 יצאה קבוצה של תלמידים הלומדים במגמת הנדסת תכנה באורט אלון ביקנעם, לסיור בבתי ספר במזרח ארה"ב. דני בן-ישי מביא סיכום קצר של הסיור המעניין.

באתר trycomputing של IEEE ניתן למצוא חומרים מצוינים רבים, בין היתר מערכי שיעור מפורטים. נביא, לדוגמה, תרגום של אחד ממערכי השיעורים, **סיבוכיות של אלגוריתם – מיון גרביים**, בתקווה שיותר מורים ישתמשו באתר.

אחד המקורות למציאת רעיונות לשאלות הוא **ראיונות עבודה** לחברות הייטק. כמובן שלא כל השאלות מתאימות לתלמידי תיכון, אבל השאלות האלה יכולות לתת למורים רעיונות לשאלות שכן מתאימות לתלמידים, ולתלמידים לקבל מושג על המצופה מהם בעתיד. תוכלו למצוא בגיליון אוסף שאלות כאלה.

בתחילת חודש נובמבר נפתחה שנת הפעילות של תוכנית Mind The Gap בישראל בחברת גוגל ישראל. נביא תמונות מהארוע.

מומלץ לעקוב אחר ההודעות השוטפות על פעילויות המרכז הארצי באתר האינטרנט שלנו. אתם מוזמנים להמשיך לגלוש באתר, לקרוא ולהוריד קבצים.

נשמח גם לקבל מכם חומרים מפרי עטכם בכל נושא שיכול לעניין את קוראי העיתון.

קריאה מהנה,

ממערכת העיתון

ומצוות המרכז הארצי

ריקה רם ז"ל

ריקה רם הייתה מורה למדעי המחשב שלימדה בבית הספר חקלאי מקיף "ויצו קנדה" בנהלל.

ריקה למדה הנדסה אזרחית ברומניה, ועבדה כמהנדסת עד לעלייתה ארצה. בארץ עבדה כמורה לבניין ואחרי שהמגמה נסגרה, למדה מדעי המחשב בטכניון.

במקביל למדה משחק בארץ ואפילו נסעה לעשות זאת בלונדון ובניו יורק עד שהפכה את אהבתה לתיאטרון למקצוע. היא החלה לשחק בתיאטרון הקהילתי במגדל העמק ועם הזמן הפכה למחזאית ובמאית של התיאטרון.

בתחילת שנות ה- 2000, החלה להפנות מזמנה גם לטובת אהבה נוספת שלה - הכתיבה. ריקה הספיקה להוציא את ספר הילדים "ממלכת באליצבע", ואת רומן הביכורים שלה "בקצה מערב".

בכתבה שהתפרסמה ב- 2010 סיפרה ריקה: "לאורך השנים שילבתי בין ההוראה לבמה. בבוקר לימדתי, בערב שיחקתי וביימתי. אנשים לא הבינו, מצד אחד תחום ריאלי, מצד שני אמנותי, אבל הפסקתי להתנצל. אני נהנית משני העולמות. האהבה האמיתית שלי היא המשחק, בלי זה אין לי שמחת חיים." "כשעברנו למגדל העמק ב-84', הנהלת המתנ"ס הפקידה בידיי את התיאטרון וניהלתי אותו במשך כעשור. גיבשתי להקה משלי במגדל העמק בשם התיאטרון הקהילתי של מגדל העמק. כתבתי מחזות על פי המידות של הלהקה והופענו בהיכל התרבות בעיר."

מקורות

http://blinker.co.il/%d7%a2%d7%9e%d7%a7%d7%99%d7%9d/%d7%94%d7%9e%d7%a1%d7%a2-%d7%a9%d7%9c-%d7%a8%d7%99%d7%a7%d7%94/113771/

http://www.mynet.co.il/articles/1,7340,L-4003159,00.html

דברי הספד לריקה רם ז"ל שכתבה ד"ר אורנה מילר

ריקה יקרה,

ניסיתי כמה פעמים לכתוב עלייך, ולא הצלחתי. חזרתי שוב ושוב לכתוב אלייך, לך. אולי כי לא היינו בקשר בתקופה האחרונה וקשה לי לעכל את העובדה שאבדה לי לעד ההזדמנות לעוד שיחה איתך.

ההודעה על פטירתך תפסה אותי בהפתעה גמורה. הייתי במהלך טיול טבע בפינלנד, לפני תחילתו של כנס, ובו זמנית יצרו איתי קשר כמה חברות מקהילת המורים למדעי-המחשב, שידעו על הקשרים ההדוקים שהיו בינינו במשך שנים רבות, ודאגו, ברגישותן, לעדכן.

הכרנו במהלך השתלמות מורים למדעי-המחשב והתחברנו מיד. הקשר המקצועי של שתי מורות מובילות למדעי-המחשב התפתח לקשר אישי קרוב. היו לנו פגישות עבודה מפרות הדדית בהן חשבנו, יצרנו וכתבנו, וגם שיחות על כוס תה אצלך בבית, על משפחה, ילדייך ובנותיי, תכניות וחלומות.

מאחורי עולמך כמורה למדעי-המחשב, אותו הכרתי בתחילה, שכן עולם עצום של כתיבה ותיאטרון שמילא את חייך. זכיתי להיחשף אליו כאשר חלקת איתי, למשל, את הלימוד והמחקר ההיסטורי שבצעת על התיישבות בארץ, לצורך כתיבת מחזה.

במסגרת המחקר שלי לדוקטורט הגעתי לבית הספר שבו לימדת בנהלל ונכנסתי אל הכיתות שלך.

האווירה הטובה בינך לבין התלמידים שלך, האינטראקציה איתם בגובה העיניים וההערכה ההדדית - היו מעוררי השראה עבורי.

בשנים האחרונות פנינו לכיוונים אחרים, את יצאת לגמלאות והקדשת זמן רב יותר לכתיבה ולתיאטרון, ואני התחלתי ללמד במכללה. במשך כל הזמן הזה היה ברור לי, שמיד כשיתפנה מעט זמן, אצור אתך קשר ואציע לך להעלות על הכתב עוד רעיונות משותפים שהיו לנו.

למדתי עלייך עתה, רק אחרי לכתך, על ההערכה הרבה לה זכית כמחזאית, סופרת, שחקנית ובמאית, שהצנעת בשיחותינו.

אנצור אותך בזיכרוני כאשה מרתקת, המעזה לחשוב אחרת, בעלת אופקים רחבים, חוש הומור נפלא, כנה, מתעניינת וקשובה, ועם עיניים כה טובות.

יהי זכרך ברוך.

אורנה מילר, ינואר 2018

יהי זכרה ברוך.

דו"ח: רק 27% מהסטודנטים למדעי המחשב – הן נשים

רק 27% מהסטודנטים למדעי המחשב הן נשים, כך עולה מנתונים על מצב המשק שמפרסם היום מרכז טאוב. ... ייתכן שאחת הסיבות לכך היא חלוקה לא שיוונית של ניהול הבית והמשפחה כשמנגד, שעות העבודה הארוכות בעבודות בתחום היי-טק מרתיע נשים מלהיכנס לתחום. ... בשיחה עם אפי טריגר בגל"צ מנכ"ל מכון טאוב סיפר: "הבעיה מתחילה בשלב מוקדם, בתיכון, היכן שישנו אחוז נמוך של נשים שהולכות ללמוד מדעים מדויקים."

מקור: 28.5.17 תומר ורון, http://glz.co.il/1189-101233-HE/Galatz.aspx

גישת "עצמים-תחילה" מול גישת "עצמים-מאוחר-יותר" במבוא למדעי המחשב

עדי גרין

בהנחיית: ד"ר דוד גינת אוניברסיטת ת"א, פרופ' מיכל ארמוני מכון וויצמן למדע

בעת פיתוח תכנית לימודים למדעי המחשב, מקבלי ההחלטות נדרשים לקבוע בין השאר מהי הפרדיגמה התכנותית הראשונה שאותה הסטודנטים ילמדו. מכיוון שעל הסטודנטים למדעי המחשב להכיר מבנים אלגוריתמיים שונים וגם ללמוד את הגישה המונחית-עצמים, קיימת התלבטות האם ללמד בגישת "עצמים-תחילה" או בגישת "עצמים-מאוחר-יותר".

בגישת "עצמים-תחילה" אמנם נלמדים מבנים אלגוריתמיים בסיסיים, אך עקרונות התכנות מונחה-עצמים והעיצוב מודגשים כבר בהתחלה. בהמשך הקורס הסטודנטים נחשפים למבנים פרוצדורליים יסודיים, אך תמיד תוך הדגשת הפרדיגמה המונחית עצמים.

בגישת "עצמים-מאוחר-יותר" הסטודנטים לומדים בתחילה מבנים פרוצדורליים בסיסיים (משתנים, תנאים לוגיים, מבני בקרה) ובהמשך מבני נתונים פשוטים (מחרוזת, מערך). למחלקות ולעצמים הם נחשפים בשלב מאוחר יותר של הלימוד, שבו הם כבר מסוגלים לכתוב בעצמם תכניות המשלבות תבניות אלגוריתמיות (חישוב ממוצע, מיון, מציאת מקסימום וכדומה).

מחקרים קודמים הציגו תוצאות ראשוניות בנוגע להבדלים בין הגישות "עצמים-תחילה" ו-"עצמים-מאוחר-יותר", אך גם כאשר הוצגו ממצאים לכאן או לכאן הם לא היו מובהקים, ונקודת המבט הסובייקטיבית של הלומדים היא שנבדקה.

מחקר זה **מחדש** בהצגת ממצאים אובייקטיביים מובהקים בהשוואה בין שתי קבוצות שלמדו בשתי הגישות ובניתוח קוגניטיבי לפי מרכיבים יסודיים במדעי המחשב.

המחקר נערך בקרב סטודנטים שלמדו במהלך השנה הראשונה ללימודיהם שני קורסים: "מבוא למדעי המחשב" בסמסטר א' ו"תכנות מונחה עצמים מתקדם" בסמסטר ב'. במחקר השתתפו שתי קבוצות סטודנטים שלמדו את הקורס "מבוא למדעי המחשב" בשתי הגישות השונות. הקורס נלמד בסמסטר א' כחלק מתכנית לימודים לתואר ראשון (B.A.) במדעי המחשב. לאחר קורס המבוא למדו שתי הקבוצות את הקורס "תכנות מונחה עצמים מתקדם", שבו נלמדו גם נושאים מתקדמים בתכנות מונחה עצמים שלא נכללו בקורס המבוא.

איסוף הנתונים התבצע בין השאר בעזרת שתי שאלות חתך תכנותיות ממוקדות שחיברנו, שמטרתן לבחון מיומנויות אלגוריתמיות והבנת עקרונות תכנות מונחה עצמים. כל אחת משתי שאלות החתך שימשה לאיסוף נתונים בסמסטר אחר. שאלת החתך הראשונה ("שאלת ימי הגשם"), בחנה מיומנויות אלגוריתמיות וסייעה באיסוף נתונים בתום הקורס "מבוא למדעי המחשב" בסוף סמסטר א'. שאלת החתך השנייה ("שאלת האופניים"), בחנה בנוסף גם הבנה של הפרדיגמה המונחית עצמים, וסייעה באיסוף נתונים בסוף סמסטר ב', בתום הקורס "תכנות מונחה עצמים מתקדם". השאלות שולבו במבחנים הסופיים של הקורסים המתאימים.

פתרונות אופייניים של סטודנטים זוהו, ועל פיהם סווגו וקודדו התשובות של כל סטודנט. לאחר מכן חושבה השכיחות של כל סוג פתרון ונערכה השוואת שכיחויות בין הקבוצות. נוסף על כך אותרו פרמטרים מדידים לגבי אלגוריתמיקה (תבניות אלגוריתמיות, חשיבה אופרטיבית ודקלרטיבית) ולגבי הפרדיגמה המונחית עצמים (כימוס, היררכיה והתייחסות לעצם), ולפיהם חושבו מבחנים סטטיסטיים לצורך השוואה בין שתי הקבוצות. כמו כן בוצע ניתוח איכותני המתבסס על ראיונות עם סטודנטים משתי הקבוצות. במהלך תהליך העיבוד הוחלט לפנות לשימוש במודל מבוסס SOLO, הן בחשיבה אלגוריתמית והן בחשיבה מונחית עצמים. בחשיבה אלגוריתמית השימוש במודל התבסס על מודל מבוסס SOLO שפותח במחקרם של Ginat & Menashe (2015), ובחשיבה מונחית עצמים השתמשנו במודל חדש שפיתחנו וששימש במחקר זה לראשונה.

על פי הממצאים מההיבט האלגוריתמי, הסטודנטים מקבוצת "עצמים-מאוחר-יותר" הפגינו מיומנות אלגוריתמית גבוהה יותר בפתרון לשתי שאלות החתך. רובם בחרו להשתמש לצורך פתרון השאלות בדרך האלגנטית יותר מבחינה אלגוריתמית, כלומר בדרך שאינה מסורבלת, לא מבצעת שכפול הוראות או בדיקות מיותרות, ומבצעת את הנדרש בסיבוכיות מקום מינימלית ובזמן קצר ככל האפשר.

מודל מבוסס SOLO לחשיבה אלגוריתמית, אשר נעשה בו שימוש בעבודה, התייחס לאלמנטים הקשורים לכתיבת אלגוריתמים ובפרט לתבניות אלגוריתמיות ולנקודות המבט הדקלרטיבית והאופרטיבית. המודל איפשר השוואת פתרונות הסטודנטים משתי הקבוצות מההיבטים הללו ומדרוג הפתרונות לפי רמות. לפי מודל זה, ראינו כי הסטודנטים מקבוצת "עצמים-מאוחר-יותר" ביטאו רמת SOLO גבוהה יותר בפתרונותיהם, תוך הפגנת מבט דקלרטיבי מתקדם יותר מאשר הסטודנטים בקבוצת "עצמים-תחילה". גם השימוש בתבניות בצורת שזירה בא לידי ביטוי מתקדם יותר בקבוצת "עצמים-מאוחר" ובכך הביא להשתייכות הפתרונות לרמות SOLO גבוהות יותר בשתי שאלות החתך.

בעבודה הוצג מודל חדש, מבוסס SOLO, אשר מוביל צעד קדימה ניתוח של תכניות של מתלמדים בפרדיגמה המונחית עצמים. ההתייחסות במודל אינה רק לנכונות של תכנית ולסיבוכיות שלה, אלא היא מבטאת התבוננות המונחית על ידי שלושת המרכיבים: מהות של עצם, כימוס והיררכיה, אשר מהווים עקרונות בסיסיים של הפרדיגמה המונחית עצמים. המודל הוצג ונוסה לראשונה במחקר זה, ויכול לשמש בעתיד ככלי מרכזי לניתוח תכניות של מתלמדים בפרדיגמה המונחית עצמים.

על פי הממצאים מנקודת מבט מונחית עצמים, נמצא כי הסטודנטים בקבוצת "עצמים-תחילה" ביטאו מיומנות גבוהה יותר רק באחד מההיבטים של אחד מעקרונות הפרדיגמה המונחית עצמים – הכימוס. על כך העידו הן ממצאים איכותניים והן ממצאים כמותיים שלימדו על הבדלים ברורים בין שתי הקבוצות: אצל הסטודנטים בקבוצת "עצמים-מאוחר-יותר" נצפתה נטייה לפרק עצם במקרים שבהם יש להתייחס אליו כמכלול, ואילו סטודנטים בקבוצת "עצמים-תחילה" ביצעו פחות את הפירוק הלא-מתאים. עובדה זו באה לידי ביטוי גם בכך שהסטודנטים בקבוצת "עצמים-מאוחר-יותר" ביטאו בראיונות קושי בניסיון לנמק מדוע התייחסות לעצם כאל "קופסה שחורה" היא נחוצה, ומדוע אין לפרק את העצם למרכיביו ויש להתייחס אליו כמכלול.

ביחס לעקרונות האחרים של הפרדיגמה המונחית עצמים לא נצפו הבדלים בין שתי הקבוצות. מאפיין ההיררכיה הכולל בתוכו את עקרונות הירושה והפולימורפיזם, וההתייחסות לעצם כאל טיפוס מורכב, הנם שני מאפיינים חשובים בתכנות מונחה עצמים. עבור שניהם לא נצפו הבדלים מובהקים בניתוח הכמותי, וגם הראיונות לא הצביעו על הבדלים.

מחקר זה יכול להשפיע באופן משמעותי על בחירת פרדיגמת פתרון בעיות שתשמש בקורס המבוא למדעי המחשב. מממצאי המחקר עולה כי סטודנטים שלמדו בגישת "עצמים-מאוחר-יותר" ביטאו לאחר קורס המבוא מיומנויות אלגוריתמיות גבוהות יותר מאשר הסטודנטים שלמדו בגישת "עצמים-תחילה". בפרט, הם הפגינו טוב יותר פנייה ליסודות מרכזיים

שונים במדעי המחשב כגון: פשטות ואלגנטיות, יעילות, נכונות, המרת בעיה והפשטה. באשר למיומנויות בפרדיגמה המונחית עצמים, הסטודנטים בקבוצת "עצמים-תחילה" הראו יתרון מובהק לגבי אחד ממאפייני הכימוס. אך זהו מאפיין אחד מתוך שני מאפיינים של רעיון הכימוס שבדקנו, ומבין כמה מאפיינים של הפרדיגמה המונחית עצמים. מודעות לחיסרון זה יכולה להוביל לשיפור הוראת רעיון הכימוס גם בגישה של "עצמים-מאוחר", ובכך להקטין את הפער שנמצא. לסיכום, מממצאי מחקר זה עולה שיש משמעות גדולה לבחירת הפרדיגמה הראשונה, ויש יתרון לפרדיגמה הפרוצדורלית ולהוראה בגישת "עצמים-מאוחר".

בסוף המחקר הוצגו מסקנות להוראה אשר מציעות הוראה לפי היבטים יסודיים במדעי המחשב, והוראה אשר ניתן לתכננה בין השאר לפי מודל SOLO, הצעות אשר יכולות לשפר דרכי הוראה בקרב מורים ומרצים למדעי המחשב. אנו נמצאים בעיצומו של כתיבת מאמר אודות המחקר וממצאיו.

SOLO - Structure of Observed Learning Outcomes

טקסונומיית SOLO מציעה מבנה היררכי של חמש רמות מדורגות המתארות הבנה של תלמיד בתחום מסוים, כאשר כל רמה מוסיפה מעט על קודמתה (Biggs & Collins 1982). לא כל הלומדים עוברים את כל חמש הרמות, לעתים ישנם דילוגים על חלק מהן:

Pre-Structural Level – ציון או שימוש בחלקי מידע לא מאורגנים ואין קשר בין חלקי המידע.

Uni-Structural Level – נקודת מבט מקומית. פריט או היבט אחד מודגשים והשאר נזנחים או שאינם ברורים. קשרים בסיסיים ופשוטים מאוד מבוצעים על ידי הלומדים אך מהותם אינה ברורה להם.

Multi-Structural Level – נקודת מבט "רב נקודתית" (Multi-Point). מבוצעים כמה וכמה קשרים בין חלקי המידע, מהות הקשרים עדיין אינה ברורה, ולא נראית התמונה כולה (הלומדים "רואים את העצים אך לא את היער".)

Relational Level - הלומדים מבינים את הקשרים בין החלקים ומסוגלים להרכיב מהם את התמונה כולה.

Extended Abstracted Level - הלומדים יוצרים קשרים לא רק בתחום הנלמד אלא גם קשרים חיצוניים ומסוגלים להכליל עקרונות ורעיונות.

מקורות:

Biggs, J.B. & Collis, K. F. (1982). Evaluating the Quality of Learning: The SOLO Taxonomy. *New York: Academic Press*

http://www.nwlink.com/~donclark/hrd/Bloom/SOLO_taxonomy.html

מפגשי מורים

- **יום שלישי 6.3 בהנחיית ויקטוריה צורי. ניתוח שאלות והכנת מבחני מתכונת (ביסודות ומבני נתונים). המפגש יתקיים בתיכון יחד במודיעין בשעות 16:30-19:30.**
- **יום ראשון 18.3 "קפה ועצמים תחילה" בהנחיית עדי גרין. המפגש יתקיים בגימנסיה גן נחום בראשון לציון בשעות 16:00-19:00. בחלק הראשון של המפגש תדבר עדי על עבודת הדוקטורט שלה שעוסקת בהוראת עצמים תחילה. בחלק השני תהיה עבודה בקבוצות מתוך מטרה לחבר שאלות בחינה המשלבות אלגוריתמיקה וראייה מונחית עצמים.**
- **יום שני 26.3 בהנחיית אבי טוויל. פרויקטים באנדרויד. המפגש יתקיים בתיכון אילון בחולון בשעות 10:30-12:30. המפגש נועד להצגת פרויקטים לדוגמה ומענה לשאלות מקצועיות למורים המלמדים בשטח.**

טיורינג נגד טיורינג: מבחן טיורינג במבחן

פרופ' יהושפט גבעון

מכללת סמינר הקיבוצים

"השאלה חשובה יותר מן התשובה, שהרי היא שדוחפת את השואל לחקירה ולעיון, והחקירה היא שמובילה אותו לגילויה של האמת. אמת זו – מוסיף אבלר ואומר – אינה דבר קבוע, נחלת העבר, אלא עליה להוסיף ולהיחשף בפעילות האנושית התבונית."

פייר אבלר (1079-1142) לפי (שורץ, 1999: עמ' 61)

בשנת 1950, אלן טיורינג הגדיר את "מבחן טיורינג" במאמר "מכונות חישוב ואינטליגנציה". אפשר וכדאי להוריד את פרסומו המקורי מן הרשת כקובץ PDF, באמצעות הקישור: http://bit.ly/MindtoTuring1950, כי כל מה שאכתוב במאמר הנוכחי מבוסס על דברים מפורשים שטיורינג כתב בו ועל כמה פרטים ממאמרו הראשון משנות ה-30 (Turing, 1936).

אציין שמאמרו טיורינג משנת 1950 מדווח באתר האנציקלופדיה המקוונת לפילוסופיה של אוניברסיטת סטנפורד כמאמר המצוטט ביותר מבין הפרסומים בפילוסופיה. מבחן טיורינג עצמו נדון בפרוטרוט באנציקלופדיה זו, ותוכלו לקרוא את הדיון בקישור: http://bit.ly/TuringTestSEP. אבל, בשום מקום לא מצאתי דיונים שבהם טיורינג מצוטט כטוען נגד טיעוניו שלו.

האפשרות שטיורינג פשוט סותר את עצמו, או טוען כנגד טענותיו שלו, עלתה לראשונה כשנתקלתי בהכרזה שהכריז (בתרגום שלי) "בהינתן הטבלה המתאימה למכונת מצבים בדידה אפשר לנבא מה היא תעשה." (Turing, 1950: par. 5, p. 441). גם בעמוד קודם באותו מאמר הוא הכריז הכרזה דומה. כלומר, אין זו פליטת קולמוס. חשוב לציין כי בביטוי "מכונת מצבים בדידה" טיורינג השתמש, במאמרו משנת 1950, כדי לציין מה שהיום אנו קוראים "מכונת טיורינג", למרות שהוא לא טרח לפרט שבמכונות אלה יש תפקיד חשוב לסרט, תפקיד שנעלם בתוך "המחסן" של המכונה שתוארה במאמר. מה שצריך להפריע לכל קורא שמכיר את עבודתו של טיורינג, היא העובדה, שבמאמרו הראשון, מ-1936, הוא הוכיח בדיוק שאי-אפשר לחשב מראש, מתוך ההגדרה המפורשת של מכונת טיורינג נתונה, האם המכונה תגיע לידי עצירה, או שתגיע למצב ה"עצירה". אז איך אפשר לנבא את מה שהיא תעשה? בדיקה מדוקדקת של מאמרו השני, מ-1950, חושפת מספר שאלות המצביעות על קשיים נוספים. התמיהה העיקרית היא שבמקרים אחדים ברור, מדבריו המפורשים של טיורינג, במאמר עצמו, שהוא היה מודע היטב לגורמים של הקשיים הללו, ובכל זאת, הוא לא הפנה את תשומת לבנו אליהם. במקרים אחרים, נזדקק להסתמך על מאמרו הראשון שתכניו אמורים להיות נלמדים לפחות בכל תכנית לימודים למדעי המחשב ברמה על-תיכונית.

קושי ראשון: אפילו לפי הודאתו של טיורינג (במשפט השני במאמרו, שם), הוא היה חייב להתחיל בהגדרת המשמעות של המונחים '**מכונה**' ו-'**לחשוב**' כדי לדון בשאלה 'האם מכונות יכולות לחשוב?'. הוא הקדיש כשבעה עמודים להגדרת המונח 'מכונה' לצורכי המאמר (שם: עמ' 435-442), אבל הוא נמנע לחלוטין מלהגדיר מה משמעות המונח 'לחשוב'. אם הצורך בהגדרה הוא קריטי לרציונליות של הדיון, אז היעדר הגדרה כלשהי מערער את תקפות הדיון.

למעשה, הוא גם סטה מן השאלה המוצעת לדיון, עליה הצהיר בראשית המאמר, 'האם מכונות יכולות

לחשוב?", אל דיון בשאלה אחרת. במקום הגדרה, הוא הציע תחליף, וכדבריו (בסוף הפסקה הראשונה) "במקום לנסות הגדרה שכזאת, אני אחליף את השאלה באחרת, שהיא בקשר קרוב אליה וניתנת לביטוי במילים שהן יחסית חד-משמעיות". פירושו של דבר, טיורינג הבין שללא הגדרה אין דיון רציונלי בשאלה "האם מכונות יכולות לחשוב" ובשימוש בתחליף, תיווצר סטייה של הדיון אל דיון חלופי, בשאלה אחרת הנמצאת "בקשר קרוב אליה".

טיורינג הבין היטב שלא ברור כלל מה תהיה השפעתה של סטייה זו. כי טיורינג היה מודע לכך שתהליך, המתרחש בעולם המציאותי, שמתחיל בסטייה קטנה, יכול להסתיים בסטייה ענקית. הוא מתאר תופעה זאת בסעיף 5, בפסקה השנייה, בעמ' 440 ומצהיר שתופעה זו אופיינית ל"יקום כשלם" ואיננה מתקיימת בעולם מכונות המצבים הבדידות. היום אנו קוראים לתופעה זו "כאוס", או "אפקט הפרפר". הוא חוזר ומתייחס לתופעה זו בעמ' 451. אפשר לתמוה על קביעתו שתופעת הכאוס איננה מתקיימת בעולם הספרתי, כי עיקר המודעות לה בימינו, בא דווקא בעקבות חקירת תוכנות רקורסיביות.

למרות שטיורינג מודע לתופעה זו ומקדיש כמה מילים לה בשני הקשרים, במאמר אין שום ביטוי לאפשרות שהפתרון התחליפי לשאלה המקורית עלול לגרום לסטייה גדולה ממטרתנו ולא מופיע בו טיעון הפוסל אפשרות זאת. הרי הסטייה אל פתרון תחליפי איננה סטייה בעולם המכונות הבדידות. מכל מקום, ללא הגדרה למונח "לחשוב" לא רק אי אפשר להשיב על השאלה המקורית, אי אפשר לדעת גם כמה אנו סוטים ממנה בהסתמכנו על "מבחן טיורינג", גם אם הסתמכות זו "ניתנת לביטוי במילים שהן יחסית חד-משמעיות".

הוא התחמק ממילוי חובת ההגדרה בדיוניו באפשרות החשיבה של מכונות על-ידי הצעת שימוש במשחק חברתי, אשר באופן טבעי ריתק אותו: משחק החיקוי. הוא הציע את מה שאנו קוראים לו היום "מבחן טיורינג", כתשובה לשאלה המקורית. מבחן זה הוא עיבוד של משחק חברתי שהיה נפוץ באנגליה בימיו, שבו הקהל היה צריך לזהות מי הגבר ומי האישה, כאשר שניהם מוסתרים מעיני הקהל והם עונים לשאלות הקהל בכתב, באמצעות פתקים. טיורינג כידוע, הציע, לקחת אדם ומכונה, להסתיר אותם מעיני חוקר, והטיל על החוקר לקבוע מי הוא האדם ומי המכונה בדיוק בדרך זו. גם כאן, התקשורת שבין המשתתפים הוגבלה לתקשורת בתווים בין החוקר לבין הצדדים המוסתרים.

טיורינג ניבא (בתחילת סעיף 6) שאם אחוז הכישלון בזיהוי נכון של שני הצדדים יהיה למעלה מ-30%, אז אנו נשתכנע שהמחשב יכול לחשוב. עוד בפסקה הראשונה שבסעיף 2, הוא התנגד במפורש לדון ברלבנטיות של המבחן המוצע לשאלה המקורית "האם מכונות יכולות לחשוב?", כי דיון כזה, כך הוא טען, הוא בוֹר ללא תחתית. עובדה זו לא מנעה ממנו להקדיש עמוד שלם (שם: עמ' 434-435) כדי להפריך טענות כנגד השימוש במשחק החיקוי לבחינת החשיבה של מכונה. לגבי המשחק המקורי, לא ידוע לנו מה היה אחוז ההצלחה בזיהוי המשתתפים, גבר מול אישה.

קושי שני: חלק ניכר ממאמרו (שם: עמ' 442-454) הוקדש להפרכת טענות נגד האפשרות שמכונה תוכל לחשוב. וכאן מתעורר קושי שני, כי לפי הודאתו של טיורינג (בתחילת סעיף 7) "הקורא בוודאי ציפה לכך שלא יהיו לי טיעונים משכנעים מאד לתמיכה חיובית בהשקפות שלי." (שם: עמ' 454). כלומר, טיורינג טען, ובצדק, שטענות המפריכות טענות המנסות לשכנע אותנו שמכונות אינן מסוגלות לחשוב, אינן מספיקות כדי לשכנע אותנו שמכונות כן יכולות לחשוב. מאות ניסיונות לחלק זווית לשלושה חלקים שווים באמצעות סרגל לא מסומן ומחוגה הוכחו כשגויים. הפרכות אלו אינן מוכיחות שהחלוקה בלתי אפשרית. עשרות ניסיונות להוכיח את המשפט האחרון של פרמה הוכחו כשגויים. כדי להוכיח את משפט פרמה צריך להוכיח אותו, ולו גם בדרך השלילה. הפרכת ניסיונות שגויים להוכחת משפט כלשהו איננה מהווה, אפילו לא בדרך השלילה, הוכחה של המשפט.

כדי לקבל בסיס לטיעונים משכנעים שאכן מכונה תוכל לחשוב, טיורינג מציע לדון במכונות לומדות. צריך לזכור שבפסיכולוגיה של שנות ה-40, למידה של אדם הוגדרה כלמידה של מערכת המתחילה ממצב קוגניטיבי אפסי ("לוח חלק", " טאבּוּלה ראסה" ללא שום יכולות מוּלדוֹת). תהליך הלמידה עצמו הוגדר אז כשינוי מצטבר בהסתברות להתנהגות רצויה, שינוי הנגרם על-ידי **עונשים ופרסים**. כך תאר טיורינג את

המכונות הלומדות בסעיף 7, ועל תפיסה כזו של הלמידה האנושית ב-1950 אי-אפשר לבוא אליו בטענות ב-2017.

טיורינג הציע שניקח מערכת כזו ונפעיל עליה סדרה עשירה של התנסויות עם עונשים ופרסים שתקביל לחינוך שילד מקבל. ואז נקבל מערכת שתוכל לעמוד במבחן טיורינג מכיון שהיא תהיה דומה לחלוטין לאדם בוגר ושכיח (עמ' 455-456). מה שמעניין ותמוה הוא שטיורינג תאר את המערכת התחילית באופן שבו הוא תיאר במאמרו הראשון, מ-1936, קלט למכונה אוניברסלית שתגרום ליצירת כלי דיגיטלי כרצוננו: "דווקא מעט מאד מנגנון והרבה דפים ריקים" (עמ' 456). במילים אחרות, כל הטיעון החיובי שלו מסתמך על ההנחה שהילד נולד כקלט למכונת טיורינג אוניברסלית. והוא עוד הוסיף "התקווה שלנו היא שיש כל כך מעט מנגנון במוח של הילד שמשהו כזה ניתן בקלות לתכנות" (שם).

האם הוא לא הניח בזאת את מה שהוא רצה להוכיח? הוא למעשה טען במפורש, שמוח האדם, בכל שלב של גדילתו, עובר שינויים בגלל ה"חינוך" שמקבל הילד, אבל שינויים אלה אינם משנים את מהותו כמכונת מצבים בדידה. הם משנים רק את הטבלאות המגדירות אותו כמכונת מצבים בדידה. הוא נולד כמכונת מצבים בדידה ובבגרותו הוא נשאר מכונת מצבים בדידה. לכן, הוא לא ניתן להבחנה מתוכנה המותקנת במחשב.

אני חייב לציין כי בדרך אגב, באפיון המכונה הלומדת, טיורינג תחב בסוגריים הערה חשובה, הנובעת כמסקנה לוגית מעבודות החוקרים על מושג החישוביות בשנות ה-30: "(מנגנון וכתיבה הם מנקודת המבט שלנו כמעט נרדפים)" (שם). כאשר בפיסיקה של האור התברר כי גל וחלקיק הם מהויות כמעט נרדפות, הפיסיקה עברה מהפך עצום. ההערה של טיורינג עברה מתחת לרדאר של רוב העוסקים במדעי המחשב. אם אינני טועה, מלבד טיורינג, דייקסטרה, ב-1962, וארתור ברקס, ב-1963, היו היחידים שהבינו שבמציאות הדיגיטלית, חומרה ותוכנה הן מהויות נרדפות (Dijkstra, 1962: p. 1; Burks, 1963: p. 114). האמת היא שהמציאות הדיגיטלית, כפי שהוגדרה בשנות ה-30, מורכבת עוד יותר. בשנות ה-30 התברר כי במושג החישוב מתרוצצות ארבע ישויות חופפות: מנגנון, נוסחה של תחשיב לוגי, תהליך של עיבוד נתונים ומושג מתמטי. תובנה זו חשובה להבנת הקשיים בהוראת מושג האלגוריתם וגם להבנת הקושי הבא:

קושי שלישי: האם מבחן טיורינג איננו מוטה? האם העובדה שמבחן טיורינג מתרחש בפס צר של מדיום תווי, אינה גורמת לפגיעה בתוקפו?

מבחן (או כל אמצעי לתצפית) נחשב "מוטה" כאשר הוא משפיע באופן דרסטי על תוצאות השימוש בו. אפלטון, באמצעות הניסוי של ידיים המושרות במים בטמפרטורות שונות, פסל את תקפות המחקר המבוסס על תצפיות חושיות, כך הוא פסל את החושים כאמצעים תקפים לחקירת המציאות. השיטה המדעית, במדעי הטבע לפחות, שהייתה מוכרת לטיורינג, התפתחה רבות מאז ימי אפלטון, וזאת הודות להמצאת טכניקות מוצלחות למזעור השפעת כלי המחקר על המחקר עצמו.

למרות יחסי הוודאות של הייזנברג, שמתארים מצבים שבהם עצם פעולת המדידה מתערבת בתוצאותיה, שימוש במכשיר תצפית שמשקף את תכונותיו בתצפית מחייב את ביטול השיקוף הזה כדי שהתצפית תהיה אמינה. ואכן, ריצ'רד פיינמן, בפיתוח "התיאוריה המוזרה של אור וחומר" מצא דרך לעקיפת אי-הוודאות הזו (פיינמן, 1996: עמ' 57).

ברור שמבחן המבוסס על "משחק החיקוי" דורש את הסתרת המשתתפים. אבל ייתכן שהשימוש בטקסטים כתובים גורם להסתרת-יתר ולטשטוש מובנה ומוטה של הבדלים אפשריים בין שני הצדדים הנבחנים. כלומר, ייתכן שבמבחן טיורינג, ההבדל בין טקסטים הנכתבים בידי אדם לבין טקסטים המופקים על-ידי מכונה יכול להיות קטן מההבדל שבין אדם למכונה. אין בשימוש במבחן טיורינג כל הגנה מפני האפשרות שהסיכוי להבדיל בין אדם למכונה מוקטן בשל תכונות המבחן ולא בשל תכונות מהותיות של האדם ושל המכונה. במילים אחרות, מכשיר התצפית (מבחן טיורינג) עלול להתערב בתצפית ולהראות לנו את תכונותיו ולאו דווקא את התכונות של הנושא הנצפה. קיימת דוגמה וויזואלית הממחישה את הסוגיה הזו.

הכוכבים הנצפים בטלסקופים המתקדמים ביותר (כמו למשל טלסקופ האבל, כמוצג בתמונה המצורפת בעמוד הבא) נראים כבעלי ארבע קרניים סימטריות מרהיבות. התברר שקרניים אלה הן היטל אופטי של

המיתרים המשמשים בטלסקופ עצמו להחזקת מערכת הקליטה של התצפית (הקולטת את ההחזרה מהמראה הראשית של הטלסקופ) ולא תכונה ויזואלית של הכוכבים.

הכוכבים כפי שנראים מבעד לטלסקופ
"האבל" של נאס"א (ברשות נאס"א)

מצד שני, אם בני-האדם חייבים להוריד את איכות התקשורת שלהם כאשר הם משתמשים במדיום טקסטואלי, האם אין המבחן חושף בעיקר את הירידה הזו ומטשטש את ההבדל שבין אדם למכונה בגלל האינטראקציה הפגומה המתבצעת באמצעות המדיום התווי? אפשר לשמוע על צ'אטבוטים שכביכול עברו את מבחן טיורינג. האם הם באמת עברו אותו, או שהמבחן אינו מסוגל לשקף את יכולות התקשורת האנושית החורגות מהמדיום התווי?

למעשה, אנו כבר חשים בדלדול איכות יחסי האנוש בימינו המתגלה במקביל לשימוש המרובה והכפייתי במדיה של הודעות טקסט במכשירים הניידים שלנו (Turkle, 2015). במכללות האקדמאיות איכות הכתיבה האקדמית של הסטודנטים מוכרת כבעיה מטרידה מזה כמה שנים.

ההטיה של מבחן טיורינג מודגשת בהערה של טיורינג בעמ' 456: "מנגנון וכתיבה הם מנקודת המבט שלנו כמעט נרדפים". האם יצורים אנושיים וכתיבה הם ישויות שקולות? והיום נוכל לשאול, האם נוסחת הדנ"א של אדם שקולה לאדם? במבחן טיורינג מוצג האדם דרך ערוץ שמציג אותו כטקסט, ולכן, כמהות מן הסוג של מכונות טיורינג, מלכתחילה, כלומר, בלי שום קשר לתוצאות ביצוע המבחן.

קושי רביעי: מדוע מבחן טיורינג אינו אמור להוכיח לנו גם שמכונות יכולות להתרגש? מדוע מבחן טיורינג רלבנטי רק לגבי אינטליגנציה של מכונות, למתן תשובה לשאלה 'האם מכונות יכולות לחשוב?' ולא, בו-זמנית, גם לגבי רגשות של מכונות למתן תשובה לשאלה 'האם מכונות יכולות להתרגש?'?

נניח שאיננו יכולים להבחין בין בני-אדם למחשבים במבחן טיורינג. כל עוד לא נגביל בדרך מסוימת את תוכני המבחן, זה מוכיח שמכונות יכולות לחשוב באותה מידה שזה יכול להוכיח שמכונות חשות ברגשות. הרי החוקר במבחן מנסה לקבוע מי אדם ומי מחשב. הוא בודק רק מי הוא מי ולא שום דבר אחר. הוא לא מנסה לקבוע מי חושב ומי לא חושב. האם במשחק החיקוי המקורי נבדקה יכולת החשיבה של שני הנחקרים?

קל לנו להתייחס אל מחשבים כישויות המועמדות להיות בעלות יכולת חשיבה כי, לעיתים קרובות, חשיבתנו יכולה לתפקד כמו חישובים. קל לנו לקבל שהחשיבה ברמתה הפשוטה ביותר היא חשיבה של מערכות כפי שהן מתפקדות בחישובים. אבל קשה לנו לקבל שמערכות מלאכותיות תוכלנה להתרגש, להשתוקק, להסתקרן, להשתעמם, להתלהב או להיות שבעות-רצון. מבחן טיורינג, כפי שטיורינג הגדיר אותו, איננו אמור להבדיל בין מערכות חושבות לבין מערכות מתרגשות.

-- * --

סביר להניח שטיורינג היה מודע היטב לרוב הבעיות שתיארתי כאן. כלוגיקן הוא היה מודע שבלי הגדרות, או כללים המנוסחים כהנחות יסוד מוסכמות, אין סיכוי לדיונים רציונליים. הוא היה מודע היטב גם לתופעת הכאוס. הוא אפילו מתאר אותה, במאמרו הנדון, בסעיף 5, כתכונה מהותית של העולם הממשי הרציף, שבה סטייה ראשונית יכולה לגרום לתוצאה הרסנית ("אפקט הפרפר"). לכן, סביר להניח שהוא היה מודע לבעייתיות של הסטייה משאלתו המקורית. לפחות הוא היה חייב להתייחס אליה. כמדען בעל נגיעה למדעי הטבע ולהנדסה, הוא היה מודע גם לצורך בשימוש לא מוטה במכשירי צפייה ומדידה. הוא היה מודע לטקסטואליות של כל המערכות הספרתיות, ללא יוצא מן הכלל, כי הוא היה שותף ליצירת ההגדרה שלהם בשנות ה-30. הוא הצהיר על תופעת השקילות שבין מנגנונים לטקסטים, שיחד עם שאר השקילויות, מאפיינת את העולם הספרתי. אז מדוע הוא כתב את המאמר בדרך זו, ללא הגדרה למונח המפתח "חשיבה", ללא התייחסות אל הסטייה

מהשאלה המקורית שלו אל תוצאות מבחן מוטה כמו "מבחן טיורינג" ולמרות ההטיה המובנית במבחן לטובת הכלים הספרתיים שהם, לפי הגדרתם, טקסטואליים?

כדי להתמודד עם התעלומה המטרידה הזו אני מציע לבחון את הרקע האקדמי וההיסטורי של כתיבת המאמר בשנת 1950. בשנות השלושים, קבוצה של חוקרים פיתחה הגדרות למושג החישוב והם ידעו גם להוכיח שההגדרות שקולות זו לזו. ההגדרה של צ'רץ' הייתה הגדרה של **טקסטים** טהורים, מחרוזות של תווים בתחשיב לוגי שצ'רץ' הגדיר (Church, 1936). ההגדרה של טיורינג הייתה הגדרה של **מנגנונים הניתנים לבנייה**, של מערכות בדידות מיוחדות (Turing, 1936). ההגדרה של אמיל פוסט הייתה הגדרה של **תהליכים**, של תהליכי עיבוד מיוחדים של מחרוזות של תווים (Post, 1936). ההגדרה של קלייני הייתה הגדרה של **פונקציות מתמטיות**, המוכרות בכינוי "פונקציות רקורסיביות כלליות" (Kleene, 1936). טיורינג רמז על חשיבות ההגדרה של קלייני במאמרו ב-1950. הוא הרי טען שכדי להבין מה זה מחשב צריך לחשוב עליו במונחים של פונקציות מתמטיות ולא במונחי ההנדסה האלקטרונית (Turing, 1950: p. 439). כפי שציינתי, הוא טען שמנגנונים וטקסטים הם ישויות שקולות (שם: עמ' 456). בין היתר, הם הוכיחו שלניבוי התנהגותן של מכונות מצבים בדידות לא ייתכן פתרון אלגוריתמי. גם הרעיון הגדול של התוכנה המאוחסנת היה מסקנה מידית של עבודות אלה. טיורינג ידע ליישם את הממצאים שלו ושל עמיתיו בבנייה של מחשבים באנגליה בשנות ה-40. גם בהולנד ידעו יפה ליישם את המאמר הראשון של טיורינג בבנייה של מנגנוני חישוב אוניברסליים בשנות ה-50, בדיוק לפי המאמר של טיורינג משנת 1936 כמנחה את עיצוב המחשבים (Daylight, 2015).

לעומת כל זאת, בארצות הברית, טיורינג ועמיתיו נעלמו מן האופק האקדמי וההנדסי כלא היו. דייליט, בניסיונו להוכיח שלטיורינג לא הייתה השפעה על עולם המחשבים והנדסת התוכנה (עד שנות ה-50) חשף למעשה נתונים המעידים שטיורינג ועמיתיו לא נעלמו אלא ממש הושכחו או הועלמו. מסתבר שהעבודות של החלוצים האלו לא היו גלויות לעיני דמויות חשובות בתולדות העולם הספרתי, כמו גרייס הופר, ניקולאוס ווירת', פיטר נאור ואחרים (Daylight, 2012). פשוט התעלמו ממנו ועד היום אף לא מציגים נכון את עבודתו. אפילו הביוגרף שלו, אנדרו הודג'ס (Andrew Hodges) התייחס אל השקעתו של טיורינג בפיצוח הקודים של המטכ"ל הגרמני כ"הפסקה מפריעה בעבודתו התיאורטית" (Hodges, 2003).

עבודתו של טיורינג לא הייתה "תיאורטית" כפי שמציגים אותה עד היום. לדוגמה, בפרויקט לתלמידי הנדסת מחשבים במכללות (Nisan & Shocken, 2005: p. 80-81) נמצא את ההסבר הבא (בתרגום שלי): "מכונת טיורינג – חפץ מלאכותי מופשט המתאר מחשב פשוט לכאורה – המשמשת בניתוח היסודות הלוגיים של מערכות מחשבים. בניגוד לה, המכונה של פון ניומן היא ארכיטקטורה מעשית והתכנית ההנדסית הקונספטואלית של כמעט כל פלטפורמות המחשב היום." (שם).

למידה באמצעות פרויקטים נחשבת כלמידה משמעותית ביותר. לכן, בוגרי פרויקטים כמו הפרויקט של ניסן ושוקן, במאה ה-21, יהיו מנועים באופן משמעותי מלדעת דברים חשובים מאד הנחוצים להשכלה דיגיטלית. הם לא יוכלו לדעת, למשל, שכתוצאה ישירה של עבודות טיורינג ועמיתיו, כל שפת תכנות שהיא, מאפשרת בניית מחשב עם ארכיטקטורה המשקפת אותה שפה, כ"שפת מכונה". ואכן, בשנות ה-70, חוקרי הבינה המלאכותית אהבו להשתמש ב"מכונות ליספ" שנבנו בארכיטקטורה המייצגת את הגדרת צ'רץ'. ודרך אגב, אלו היו המחשבים הראשונים שנמכרו למשתמשים יחידים. כלומר, הם היו הגרסאות המסחריות הראשונות של **המחשבים האישיים**. לכן, כל מי שמשתמש עדיין בביטוי "שפת מכונה" מרמז, כפי הנראה, על בורותו. בוגרי פרויקטים כאלה, בלי ללמוד את מאמרו הראשון של טיורינג, לא יוכלו לדעת מה הם החמיצו. הם גם לא יוכלו לדעת שלבדיקת תוכנה, או חומרה, על-ידי תכניות-מבחן (Test Programs) אין שום ערך מעשי.

הקשר שבין הגדרתו של טיורינג ובין תהליך ממשי לבניית מחשבים מכל הסוגים, הובהר בתחום הלוגיקה וההנדסה האלקטרונית בעבודת המאסטר

של קלוד שאנון (Shannon, 1940). טיורינג הגדיר את מכונות טיורינג (לרבות המכונות האוניברסליות) כמערכות ספרתיות והיום, כל תלמידת שנה ב׳ בהנדסת אלקטרוניקה מודרנית יודעת איך לבנות מערכות ספרתיות, על-סמך עבודת המאסטר של קלוד שאנון, ולכן, יודעת לבנות מחשב לפי המאמר הראשון של טיורינג.

ההכרה בארה״ב, בטיורינג ובעמיתיו, כחוקרי חלוץ בתחום מדעי החישובים, וכממליצים על מחקר מתמטי כמתאים ביותר לחקירה המעשית של החישובים האוטומטיים ולעיצוב המנגנונים לביצועם, נבלמה למעשה במשך עשרות שנים. בכינוס בוואשינגטון, בשנת 1954, בנושא הקידוד האוטומטי, באה לידי ביטוי, לראשונה, ההכרה בהם כמפתחי הגישה המתמטית לבעיות בהנדסת תוכנה. כפי שפרסומים מאוחרים יותר חושפים (Wirth, 1976; Daylight, 2012), לאירוע הזה לא הייתה השפעה רבה על הבנת העבודה של טיורינג ועמיתיו. ההכרה בערכה המעשי של עבודת טיורינג מודחקת עד עצם היום הזה.

לדעתי, המאמר של טיורינג מ-1950, מרמז על מצוקה של טיורינג. הביוגרף הראשי שלו, אנדרו הודג׳ס תאר את טיורינג כבעל אישיות דו-קוטבית (Hodges, 2003). הוא גם רמז שלא כל כך ברור שהתאבד (שם). אין לי ספק, שטיורינג היה מאוכזב קשות מגישת אנשי תחום המחשבים בארה״ב.

מה הפלא שבאפריל 1953, טיורינג הגיב במכתב על הזמנה לכנס שהתקיים בארה״ב במילים החריפות הבאות: ״אני לא אוהב את הנסיעה, ואני מתעב את אמריקה״. המכתב התגלה השנה, במחסן באוניברסיטת מנצ׳סטר, האוניברסיטה שבה פעל טיורינג בשנותיו האחרונות. ב-7 ביוני 1954 הוא כפי הנראה התאבד.

בקריאה יסודית של מאמרו של טיורינג, על אפשרות החשיבה של מכונות, מתעוררת למעשה דילמה בין שתי סברות. הסברה האחת היא שטיורינג היה מבולבל כאשר הוא כתב את המאמר. השנייה, לא פחות חצופה, היא שטיורינג היה מודע לגמרי לכל מה שהוא כתב. כלומר, הברירה היא בין פירוש הקשיים שפורטו לעיל כטעויות של טיורינג ובין פירוש המאמר ככתיבה מגמתית המנסה להכשיל את אנשי תחום המחשבים שפגעו בו. האפשרות השנייה היא, שטיורינג בכאבו האישי, פשוט רצה להתנקם בקוראיו שהתעלמו מעבודתו ומעבודת עמיתיו ולא הבינו אותה באופן עקבי במשך שנים. מאמר זה, כפי הנראה, היה נקמתו של טיורינג על אי-הבנתם, על התעלמותם ועל זילותם. לדעתי, אם טיעוניי תקפים, ואם ניקח בחשבון את אישיותו של טיורינג, קיים סיכוי סביר שהצעת מבחן טיורינג היא לא יותר מאשר כתב-חידה קונדסי ומתוחכם של אקדמאי פגוע שהכשיל טובים ורבים.

רשימת מקורות

פיינמן, ריצ׳רד פ׳. *התיאוריה המוזרה של אור וחומר* הוצאת הקיבוץ המאוחד, הדפסה רביעית, 1999.

שורץ, יוסף. *מהמנוע אל האוניברסיטה: בין תיאולוגיה לפילוסופיה בימי הביניים*. ספריית ״אוניברסיטה משודרת״, משרד הביטחון - ההוצאה לאור. 1999.

Braffort, Paul & Hirschberg, David, eds. *Computer Programming and Formal Systems – Special Issue 1963 in Studies in Logic and the Foundations of Mathematics*. North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1963.

Burks, Arthur W., "Programming and the Theory of Automata", Chapter 7 in (Braffort & Hirshberg (ed.), 1963).

Church, Alonzo. "An unsolved problem of elementary number theory," *American Journal of Mathematics, Vol. 58*, pp. 345-363. 1936.

Daylight, Edgar G., *The Dawn of Software Engineering: From Turing to Dijkstra*. Heverlee, Belgium: Lonely Scholar. 2012.

Daylight, Edgar G., "Towards a Historical Notion of ‘Turing—the Father of Computer Science’", *History and Philosophy of Logic*, ***36***:3, 205-228, 2015.

Shannon, Claude, E., "A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits" M.Sc. Thesis, MIT, 1940. http://bit.ly/Shanon1940 (Retrieved: 15.11.17)

Turing, Alan M., "On computable Numbers With an Application to the Entsheidungsproblem" in *Proc. London Math. Society, Vol 2*, pp. 230-265. 1936.

Turkle, Sherry, *Reclaiming Conversation: The Power of Talk in a Digital Age*. Penguin Press. 2015.

Wirth, Nicolaus, *Algorithms + Data Structures = Programs*. Prentice Hall Series in Automatic Computation. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall. 1976.

Dijkstra. Edsger W., "Substitution Processes", EWD28, January 1962.

Hodges, Andrew, "Alan Turing at the Imperial War Museum and Europride: Alan Turing – an enigma after fifty years", published on Alan Turing Website, http://www.turing.org.uk/publications/iwm.html. 2003.

Kleene, Stephen C., "General recursive functions of natural numbers," *Math. Ann.*, 112, 727–742. 1936.

Nissan, Noam & Schocken, Shimon. *The Elements of Computing Systems: Building a Modern Computer from First Principles*. MIT Press. 2005.

Post, Emil. "Finite Combinatory Processes - Formulation 1," *Journal of Symbolic Logic* 1: 103–105. 1936.

נפתחה ההרשמה לחידון קודגורו 19

החידון נועד לאתר, לעודד ולטפח בני נוער מצטיינים בתחומי המחשבים והסייבר, ונתמך על ידי שותפים רבים מהצבא, האקדמיה והתעשייה.

התחרות מורכבת משני שלבים: האחד נעשה בבית, בזמנם החופשי של המתחרים, והוא נפתח לביצוע עד ה- 16.3, ואילו השלב השני ייערך ב- 26.3 ואליו יזומנו אלו שעברו את השלב הראשון.

בשני השלבים המתמודדים יענו על שאלון אמריקאי ברובו, המכיל שאלות מגוונות במבחר נושאים.

השימוש באינטרנט ובכל משאב מידע אחר מותר בכל השלבים.

שלושת הזוכים במקומות הראשונים יזכו בפרסים ובהצעות עבודה מחברות הייטק.

החידון מעשיר ומאתגר ופותח למשתתפיו הרבה דלתות, ועל כן מומלץ להפנות לחידון את התלמידים ולעודד אותם להשתתף בו.

להלן המידע על התחרות ולינק להרשמה:

https://codeguru.co.il/classic/info.html

סיכום ביקור בבתי ספר תיכוניים במזרח ארה"ב, ספטמבר 2017

דני בן-ישי

אורט אלון, יקנעם

בספטמבר 2017 יצאה קבוצה של 21 תלמידי י׳ עד י״ב הלומדים במגמת הנדסת תכנה לסיור בבתי ספר במזרח ארה״ב בהובלה של מורה המגמה – דן בן ישי. מטרת הסיור הייתה ללמוד מה לומדים ומלמדים במדעי המחשב בבתי ספר בארה״ב ומה אנחנו כאן בישראל יכולים ללמוד.

התחלנו את הסיור בבוסטון בביקור בבית ספר לבנות בו למדה בעבר הילארי קלינטון. התרשמנו בעיקר מה MakerLab שזו מעבדה שבה תלמידים יכולים להתנסות במשחק וייצור של מוצרים לאור הרעיונות שלהם. מעבדת-התנסות קיימת במספר רב של בתי ספר כפי שהתרשמנו בהמשך. התלמידות לומדות בכיתה ט׳ סקראץ, JavaScripts. בהמשך - בכיתה י׳/י״א הן לומדות Java. ככלל – התרשמנו בבתי הספר מהשימוש הרב במחשבי MAC-OS/Apple לעומת PC/Windows אצלנו.

המשכנו לניו גרזי וביקרנו בבית ספר תיכון יהודי שהוא אחד הגדולים במזרח ארה״ב הנקרא ישיבת פריש ולומדים בו כ-700 תלמידים ותלמידות. התרשמנו מהעבודה עם כרטיס ארדואינו לתלמידי ט׳ והחוויה של Hands on. קיימנו שיעורים משותפים עם התלמידים וזה עבד !! התלמידים שיתפו פעולה למרות הבדלי השפה.

כללית לגבי בתי ספר בארה״ב, שיעור במדעי המחשב נמשך בדרך כלל 40 דקות ויש לו time slot קבוע במשך היום, ובכל יום. לדוגמה, בימי ב׳ – ו׳ (כולל) לומדים מ 9:00 ועד 9:40. מורי מדעי המחשב בבתי ספר שבהם ביקרנו הביעו את קנאתם שאנחנו מלמדים 2-3 שיעורים רצופים והסכימו שזו הדרך הנכונה לפעול.

בתי ספר רבים פותחים בכיתה ט׳ את שיעור מדעי המחשב לכל תלמידי השכבה מתוך מטרה לחשוף אותם לנושא ולאור חשיבות מיומנות זו במאה ה-21. קורה שתלמידים נכשלים במקצוע ואף אחד בבית הספר לא מתרגש מכך. כתוב לתלמיד שיש לו נכשל בכיתה ט׳ במחשבים וממשיכים הלאה.

בבתי ספר ברמה גבוהה, מלמדים מספר קורסים אקדמיים הנקראים AP (Advanced Placement)*. בנוסף, יש בחינה הדומה לבגרות כאשר בכל מדינה בארה״ב – יכולה להיות הגדרה אחרת לבחינה זו (Regents Test).

בחלק מבתי הספר מלמדים פייתון כשפת תכנות ראשונה כאשר הטענה המרכזית היא שזו ״שפת התוכנה שהכי קרובה לשפת בני אדם״.

בבתי הספר בניו יורק וניו גרזי התלמידים עובדים על פרויקט גמר ברמה גבוהה (בדומה ל 5 יח״ל אצלנו) ובמיוחד התרשמנו מבניית פרויקטי תכנה לטובת הקהילה או אנשים עם צרכים מיוחדים.
אחד הכלים המעניינים שמורים בנו בבית ספר במנהטן – זו תכנה הבודקת On line את שיעורי הבית שמגישים התלמידים ונותן משוב אוטומטית לשגיאות קומפילציה.

---

* מומלץ לקרוא גם את הסקירה של ד״ר נוע רגוניס על תכניות הלימודים ברחבי העולם. גליון 27 יוני 2007 עמודים 17-37

בית הספר Stuyvesant הוא אחד משני בתי הספר התיכוניים הציבוריים הטובים ביותר במזרח ארה"ב והוא קולט תלמידים לאחר בחינות כניסה. בית הספר ממוקם במנהטן ולומדים בו מגוון תלמידים מאוכלוסיות שונות.

ביקרנו גם בבית ספר AFSE במנהטן, שם הזדמן לנו להצטרף לשיחת-ועידה המתקיימת פעם בשנה בשיתוף של מורים למדעי המחשב מכל רחבי ארה"ב. לשיחה הצטרף הפעם ברק אובמה שהדגיש את חשיבות היכולת לכתוב קוד תכנה כמיומנות נדרשת במאה ה-21. בבית ספר זה התלמידים לומדים Java (מאד פופולרי לעומת C) בכיתה י"א ואילו בי"ב הם עובדים על פרויקט הגמר.

מספר תובנות שלמדנו – חשוב וכדאי לשלב בפרויקט הגמר תלמידים ממגמות שונות כמו מדעית-הנדסית או עיצוב גרפי. אין בבתי הספר בארה"ב בעיה שאת פרויקט הגמר יגישו מספר תלמידים. אהבנו את הרעיון של הצגת הרצאה TED מידי פעם במהלך השיעור.

נושאי הלימוד דומים לאלו שבישראל למעט באחד מבתי הספר הטובים ביותר ששם מלמדים בנוסף גם גרף דייקסטרא. מודלים חישוביים לא מלמדים שם...

בתי הספר בארה"ב סגורים בשבת. יצאנו לטייל בסנטרל פארק במנהטן

סיבוכיות של אלגוריתם מיון גרביים

אתר trycomputing של IEEE מכיל חומרים רבים שניתן להעזר בהם, בין היתר מערכי שיעור מפורטים.
אנו מביאים כאן, לדוגמה, תרגום של אחד ממערכי השיעורים, מיון גרביים, בתקווה שיותר מורים ישתמשו באתר.

http://www.trycomputing.org/

איך ניתן לדעת באיזו מהירות המחשב יפתור בעיה? או האם היא ניתנת לפתרון בכלל? השיעור מציג מספר רעיונות פשוטים על אלגוריתמים וסיבוכיות שלהם דרך תרגילי גרביים. השיעור עוסק באלגוריתמים לינאריים, פולינומיאלים, ולוגריתמים תוך בניית הבנה אינטואיטיבית.

מומלץ לגילאים 11-13 , אפשר להשתמש גם בחטיבת הביניים.

מטרות: להציג לתלמידים אלגוריתמים קלסיים של:

- מציאת איבר מסוים בסדרה או ברשימה ממוינת
- מיון פשוט
- לקביעת סיבוכיות של אלגוריתם בעזרת שיטות לא פורמליות

תוצאות מצופות מהתלמידים:

- תלמידים יוכלו להסביר למה מציאת איבר באוסף דורשת חיפוש בכל איבר.
- תלמידים יוכלו להבין שמציאת האיבר הקטן ביותר או הגדול ביותר באוסף לא מסודר, דורשת הסתכלות בכל איבר.
- תלמידים יוכלו להבין שסידור האיברים מפחית משמעותית את הזמן הנדרש למציאת איבר מסוים באוסף.
- תלמידים יוכלו להבין שיש דרכים רבות לסידור איברים באוסף.

קישורים נוספים

http://www.trycomputing.org/lesson-plans/complexity-its-simple-lesson (לתיכון)

https://youtu.be/18P38NisQLs

http://www.reelyredd.com/1006sorcerersapprentice.htm

https://youtu.be/INHF_5RIxTE (מיונים רבים)

https://youtu.be/3San3uKKHgg (Quick sort)

https://youtu.be/MtcrEhrt_K0 (Bubble sort)

https://youtu.be/D5SrAga1pno

https://www.youtube.com/watch?v=18P38NisQLs&feature=youtu.be (שוליית הקוסם)

http://reelyredd.com/1006sorcerersapprentice.htm (הטקסט של שוליית הקוסם)

https://www.codeproject.com/Articles/1087568/Visualization-and-Comparison-of-sorting-algorith

https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Sort_algorithms

http://www.csunplugged.org.il

https://www.csunplugged.org/en/

מקורות לקריאה למורים

http://bigocheatsheet.com/

http://www.esi2.us.es/~mbilbao/complexi.htm

https://en.wikipedia.org/wiki/Sorting_algorithm

https://en.wikipedia.org/wiki/The_Sorcerer%27s_Apprentice

מטרות השיעור:

להציג לתלמידים אלגוריתמים קלסיים

- למציאת איבר מסוים בסדרה
- למציאת איבר מסוים ברשימה מקושרת
- למיון פשוט
- להצגת שיטות לא פורמליות לקביעת סיבוכיות של אלגוריתמים

חומרים:

- גישה לאינטרנט (לצפייה בקישורים המומלצים)
- אוסף של עצמים שניתנים למיון. ההצעה היא להשתמש בגרביים – כל תלמיד צריך להביא שני זוגות גרביים לא תואמים. אבל אפשר להשתמש גם בכפפות, כובעים, עפרונות, עטים או כל עצם אחר, בעלי גודל שונה וצבע שונה, כך שניתן לסדר אותם בסדרה, בהתבסס על אחת התכונות של העצמים האלה.
- נייר ועפרונות לצורך רישום ומעקב אחרי ההשוואות.
- פתקאות קטנות אותם יש להכניס לגרביים (נדרש לצורך זיהוי הגרביים והחזרתן בסוף השיעור).

תהליך

השיעור נועד לתת לתלמידים הבנה אינטואיטיבית של חקר יעילות של אלגוריתמים. שימו לב: הרעיון הבסיסי הוא יחסית פשוט. בבקשה הימנעו ממתימטיקה פומלית (כך במקור) ותנו לתלמידיכם הזדמנות לגלות את האלגוריתם בעצמם.

נותנים לקבוצות של תלמידים את האתגרים הבאים:

1. מצא משהו ברשימה לא מסודרת
2. מצא משהו ברשימה מסודרת תוך שימוש בטכניקת "נחש את המספר"
3. מצא קיצון גדול או קטן ביותר
4. מיין את הרשימה: תוך שימוש בהשוואות פשוטות, או תוך ניצול של טכניקת "נחש את המספר"
5. שוליית הקוסם

שני האתגרים הראשונים ממוקדים במציאת משהו ספציפי בסדרה, מה שמוביל למציאת הקיצונים – המינימום והמקסימום (האתגר השלישי).

הערה למורה: יש לדאוג שיהיה ברור לך ההבדל בין פתרונות לינאריים (הזמן תלוי במספר האיברים בסדרה) לוגריתמיים (מספר האיברים נחצה בשניים בכל צעד) ופולינומיאליים (הזמן תלוי במספר האיברים בריבוע למשל, או במספר כלשהו אחר).

לפני השיעור הראשון:

- בקש מהתלמידים להביא זוג גרביים ישנות אבל נקיות (או זוג של גרביים לא תואמות). הדגש בפני התלמידים שאין לקנות גרביים חדשות במיוחד ושיתכן שהגרביים לא יחזרו הביתה.
- הסבר שסידור הגרביים הוא חלק מעשיית כביסה ושבמהלך השיעור הם ילמדו שיטות יעילות לביצוע המשימה. עודד את התלמידים להביא גרביים "מעניינות" צבעוניות או עם צורות מעניינות. גם גרביים עם חורים יתקבלו בברכה.
- בקש מהתלמידים לכתוב את שמם על שתי פתקאות דביקות ושים את הפתקאות על צידן הפנימי של הגרביים.
- בקש מכל התלמידים שלך לשים את כל הגרביים בערימה.
- חלק את הכיתה לקבוצות של 3-4 תלמידים בכל קבוצה ואז תן לתלמידים לבחור 2 גרביים אקראיים מהערימה. (אל תיתן להם לבחור באותו זוג. וודא שיש להם מגוון של גרביים מסוגים שונים)
- הערה: אפשר לבחור עצמים אחרים למשימה כמו אבנים, גולות, עפרונות

שיעור 1

- חלק לתלמידים את החומרים (מבוא ודף עבודה ראשון).
- עבור עם התלמידים על ההגדרות בדף המבוא.
- הסבר את המשחק "נחש את המספר" (הסבר שאתה יכול לנחש איזה מספר בחרו בין 1 ל- 1,000 ב- 10 צעדים בלבד).
- חלק את הכיתה לקבוצות של 4 תלמידים ותן להם לבצע את 3 המשימות שבדף הראשון.
- אם קבוצות מסיימות במהירות את המשימות, תן להם את דף העבודה השני.

- אם הם מסיימים את דף העבודה השני, שלח אותם להאזין או לקרוא באינטרנט את "שוליית הקוסם".
- השאר מספיק זמן בסוף השיעור כדי לדון בתוצאות של הקבוצות. הגדר איזה פתרונות היו לינאריים ואיזה לוגריתמיים.

שיעור 2

- תן לתלמידים את החומרים ואת דף העבודה השני. עבור איתם על המשימות בדף השני.
- ניתן להראות לתלמידים את אחד מקטעי הווידאו ברשימת הקישורים הנוספים (אין זמן לראות את כולם, אלא אם כן התלמידים מתבקשים לראות אותם קודם כשיעורי בית).
- חלק את הכיתה לקבוצות של 4 תלמידים ותן להם למצוא אלגוריתם אחד (איזשהו) למיון.
- תן להם לענות על השאלות הקשורות לשוליית הקוסם ועזור להם להבין את הסיבוכיות.
- השאר מספיק זמן בסוף השיעור כדי לתת לכל הכיתה לעבוד על משימה 6 (או שתדלג על משימה 6 לגמרי).

הזמן הנדרש לפעילות: שני שיעורים של שעה. אם יש לך יותר זמן, הקדש שיעור שלישי לחקר הרעיונות של חציית גודל בעיה, או הכפלת גודל בעיה.

חומרים לתלמיד

חיפוש

האם קרה לך שחיפשת משהו (צעצוע או בגד) בערימה של דברים? כמה דברים היית צריך לזרוק הצידה לפני שמצאת את מה שחיפשת? האם סידור הדברים מסייע לך למצוא משהו מסוים? (חשוב למשל על ספרייה ואיך מסודרים שם הספרים)

בגלל שמחשבים מכילים סדרות של מקומות בזכרון, אוספים (של דברים כמו צעצוע) מושמים באופן טבעי ברשימה או שורה ולא מפוזרים.

אחת המגבלות של המחשב היא שניתן להשוות רק בין שני איברים בכל רגע.

למשל, אם אתה מחפש גרב אדומה בתוך ערימה של גרביים בכל מיני צבעים, אז קל מאד לתפוס גרב אדומה. אבל אילו היית יכול להשוות רק בין שתי גרביים בכל פעם אז זה היה לוקח הרבה יותר זמן.

מיון

האם אחד ההורים ביקש ממך פעם לסדר דברים? יתכן שהיה עליך למיין את הכביסה לפי צבע, או לסדר כוסות שנשטפו על המדף לפי הסדר.

מיון הוא בעל חשיבות רבה במדעי המחשב, כיון שקל יותר למצוא דברים כשהם מסודרים לפי סדר כלשהו. כדי לסדר עצמים לפי סדר, צריך למצוא דברים דומים. אז חיפוש דרוש לצורך מיון ומיון דרוש לצורך חיפוש. בעייה זו (דומה לבעיית הביצה והתרנגולת) נמצאת בלב הנושא של סיבוכיות האלגוריתם.

אני חושב על מספר

זה משחק קריטי למדעי המחשב והוא נקרא "אני חושב על מספר בין ...".

יש טריק כיצד לנחש את המספר בקלות: התחל מאמצע התחום, וזרוק חצי מהמספרים לפי התשובה המתקבלת. חזור על זה שוב ושוב.

נדגים זאת עם מספר בין 1 ל- 16.

אתה יכול לנחש את המספר בעזרת 4 שאלות.

למשל, נניח שהמספר הוא 5.

שאלה: האם המספר קטן או שווה ל- 8? (8 הוא חצי מ- 16)

תשובה: כן. (אם התשובה הייתה לא, אז המספר > 8 אבל <= 16)

שאלה: האם המספר קטן או שווה ל- 4? (4 הוא חצי מ- 8)

תשובה: לא. (אם התשובה הייתה כן, אז המספר <= 4)

שאלה: האם המספר קטן או שווה ל- 6?

תשובה: כן. (אם התשובה הייתה לא, אז המספר > 6 אבל <= 8)

שאלה: האם המספר הוא 5?

כמו שניתן לראות, נדרשו 4 ניחושים עבור 16 מספרים.

נדרש רק ניחוש אחד נוסף כדי לפתור את הבעייה עם 32 מספרים, ונדרשים רק 10 ניחושים כדי לפתור את הבעייה עם 1024 מספרים. מדוע?

כי לוקחים את הלוגריתם בבסיס 2 בכל פעם ואז

$Log2(16) = 4$ או לחילופין $2^4=16$

מהי סיבוכיות של אלגוריתם?

סיבוכיות של אלגוריתם (Algorithm Complexity) היא המחקר של כמה מהר האלגוריתם (כלשהו) יכול לפתור בעיה.

סיבוכיות זמן (Time Complexity) מתארת כמה זמן צריך כדי לבצע משהו, או כמה אלגוריתם יעיל.

סיבוכיות זמן לוגריתמית

כאשר ניתן לחלק משימה לשניים וכל אחד מהחלקים לחלק שוב לשתי משימות וכן הלאה, עד שמקבלים פתרון לבעיה.

"אני חושב על מספר בין ..." היא דוגמה קלסית.

שים לב שאנחנו מדברים על לוגריתמים בבסיס 2 (בינארי), לא על לוגריתמים בבסיס 10 (עשרוני).

סיבוכיות זמן לינארית

כאשר הזמן קשור באופן ישיר למספר העצמים.

למשל, אם יש לך 10 עצמים, יהיה צריך 10 צעדים לביצוע המשימה, עבור 100 עצמים יהיה צריך 100 צעדים, עבור 10,000 עצמים יהיה צריך 10,000 צעדים.

זה נחשב לזמן די טוב (יחסית). למשל, לנסות למצוא את האדם הראשון עם חולצה סגולה. אי אפשר להבטיח שלאדם יש חולצה סגולה אז צריך לבדוק כל אחד בנפרד.

סיבוכיות זמן פולינומיאלית

כאשר הדברים נרגעים – אז עליך להכפיל את מספר הצעדים במספר הצעדים.

אם יש 10 איברים יהיה עליך לבצע 10 צעדים, אם יש 50 איברים יהיה עליך לבצע 50*50=2500 צעדים.

שים לב: זו לא הכפלה פי 2 (למשל, 10 איברים לוקחים 20 צעדים). הדוגמאות האלה דורשות משימות שמכפילות את מספר האיברים. אפשר גם להכפיל פי 3 את מספר האיברים בעצמו. למשל, אם יש 5 איברים אז מספר הצעדים יכול להיות 5*5*5=125. דוגמה קלסית היא כאשר משווים כל איבר לכל אחד מהאיברים האחרים.

סיבוכיות זמן אקספוננציאלית

כאשר כל צעד מכפיל בשניים את גודל המשימה.

לאיבר אחד דרושים 2 צעדים, לשני איברים דרושים 4 צעדים, ל- 10 איברים דרושים 1024 צעדים.

שים לב: סיבוכיות זמן אקספוננציאלית היא במובן מסוים ההיפך (תמונת הראי) של סיבוכיות זמן לוגריתמית. למשל, אם נחתוך דף נייר לשניים, ואז נחתוך כל חצי לשניים, ואז נחתוך כל רבע לשניים, וכן הלאה.

דף לתלמיד 1

משימה 1 - מצא גרב ספציפית ברשימה ממוינת

- שים את הגרביים בערימה, תפוס כל גרב בלי להסתכל בה, ובנה שורת גרביים בסדר אקראי
- צור אלגוריתם למציאת גרב מסוימת ברשימת הגרביים. כתוב את האלגוריתם ובדוק אותו על ידי מעקב אחר ההוראות
- כמה גרביים עליך להשוות כדי להבטיח שתמצא את הגרב שחיפשת?
- כמה גרביים עליך להשוות כדי להבטיח שהגרב שאתה מחפש לא נמצאת ברשימה ?

משימה 2 - מצא גרב ספציפית ברשימה שאורגנה על ידי התכונה

- בחר תכונה של גרב. למשל, לפי צבעים (שחור, סגול, כחול, ירוק, צהוב, כתום, אדום, לבן, חום, אפור), או ארגן לפי גודל, או מספר הקישוטים על הגרב.
- צור אלגוריתם למציאת גרב מסוימת ברשימת הגרביים. כתוב את האלגוריתם ובדוק אותו על ידי מעקב אחר ההוראות.
- כמה גרביים עליך להשוות כדי להבטיח שתמצא את הגרב שחיפשת? רמז: זה כמו "נחש את המספר בין ..."
- כמה גרביים עליך להשוות כדי להבטיח שהגרב שאתה מחפש לא נמצאת ברשימה ?

משימה 3 - מצא גרב ספציפית מתוך הקיצון (כלומר, הקטנה ביותר או הגדולה ביותר).

בצע את המשימה תחילה על הרשימה הלא ממוינת ואחר כך על הרשימה הממוינת.

- בחר תכונה של גרב, שיש לה תכונת קיצון. למשל, לפי גודל.
- צור אלגוריתם למציאת גרב מסוימת ברשימת הגרביים (לפי תכונת הקיצון). כתוב את

האלגוריתם ובדוק אותו. האם ניתן למצוא את הגרב לפי תכונת הקיצון (למשל הגדול ביותר?)

- כמה גרביים עליך להשוות כדי להבטיח שתמצא את הגרב שחיפשת?
- האם יתכן שלא תמצא את הגרב שנמצאת בקיצון? מדוע?

<u>דף לתלמיד 2</u>

משימה 4 – מיין את רשימת הגרביים שלך

- שים את הגרביים ברשימה לא מסודרת.
- צור אלגוריתם שיאפשר לך למיין לפי תכונה כלשהי. זכור שמותר להשוות רק שתי גרביים בכל פעם. כתוב את האלגוריתם.
- שים את הגרביים ברשימה (אחרת) לא ממוינת. כאשר תבצע את האלגוריתם שלך, ספור את מספר ההשוואות שביצעת כדי למיין את הרשימה.
- נחש מה סיבוכיות הזמן של האלגוריתם שלך בהינתן מספר הגרביים. האם יש נוסחה שמאפשרת לקבוע את סיבוכיות הזמן לפי מספר ההשוואות? נסה למיין מספר קטן יותר של גרביים, או מספר גדול יותר של גרביים לפי אותו אלגוריתם (אתה יכול להשתמש גם בגרביים של החברים שלך).
- סביר להניח שהאלגוריתם שלך הוא פולינומיאלי בזמן. האמנם?

משימה 5 – שוליית הקוסם: איך לעצור תהליך רץ שלא עוצר

- קרא או הקשב לשוליית הקוסם (הקישורים מופיעים בהתחלה).
- אם מתחילים ממטאטא אחד, וכל שעה כל המטאטאים הנוכחיים נחתכים לחצי, כמה מטאטאים יהיו אחרי 10 שעות?
- בשוליית הקוסם, הקוסם חוזר ומפסיק את הכל. מה היה קורה אם הקוסם לא היה חוזר?

משימה 6 – (כל הכיתה). החזרת הגרביים

- שים את הגרביים בערימה במרכז החדר, ושב עם כל התלמידים במעגל סביב לערימה.
- קבע מישהו שימדוד את הזמן.
- החזירו את כל הגרביים שבערימה לבעליהן, וכשתסיימו תמדדו כמה זמן לכם להחזיר את כל הגרביים.
- האם האלגוריתם שלכם עצר? (האם כל הגרביים הוחזרו לבעליהן? האם כולם קיבלו את הגרביים שלהם בחזרה?)
- האם תוכל לתאר את האלגוריתם (להחזרת הגרביים) במילים?
- האם השתמשתם ביותר מהשוואה אחת בכל פעם?
- איזה יכולות יש לכם כבני אדם (בביצוע אלגוריתם המיון – ההחזרה של הגרביים) שאין לאלגוריתם המאפשר השוואה אחת בכל פעם?
- האם יש לך מחשבות כלשהן על סיבוכיות זמן?

הערה למורה: כמובן שקיים גם מיון בסיס Radix Sort ואפשר להזכיר אותו לתלמידים.

כמו כן, יש מאמר יפה מהאלף הקודם על מיון לינארי כשגודל המילים חסום

http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.108.4480&rep=rep1&type=pdf

מערכי שיעור נוספים שניתן למצוא באתר: מציאות מדומה, גרפיקה, ייצוג מידע, אנימציה, רקורסיה, רשתות, הצפנה, אלגברה בוליאנית, תכנות משחקים, ארדואינו, תכנות בענן, יציאה ממבוך, עצים בינאריים ועצי החלטה, ועוד.

אתם מוזמנים להיכנס לאתר האינטרנט החדש שלנו

https://cse.net.technion.ac.il/

שאלות מתוך ראיונות עבודה

אחד המקורות למציאת רעיונות לשאלות הוא ראיונות עבודה לחברות הייטק. כמובן שלא כל השאלות מתאימות לתלמידי תיכון, אבל השאלות האלה יכולות לתת למורים רעיונות לשאלות, ולתלמידים לקבל מושג על המצופה מהם בעתיד.

פתחנו בלוג לפתרונות ודיון על השאלות http://blog.csit.org.il/MyBlog.aspx?BlogID=43

1. יש לך עץ חיפוש בינארי ומספר שלם n. מצא את הדרך היעילה ביותר לאתר שני צמתים (nodes) שסכומם שווה ל-n.
2. כתוב קוד ב-JAVA כדי לבדוק אם עץ בינארי הוא תמונת ראי של עצמו, או שלא.
3. ביום גשום יורד גשם על מדרכה בגודל 1 מ"ר. גודלה של כל טיפה הוא 1 סמ"ר. איך תוכל לוודא שהמדרכה רטובה כולה?
4. כיצד תאתר מספר מופעים של אלמנט במערך ממוין?
5. ממש 3 מחסניות (stacks) באמצעות מערך אחד.
6. ממש אלגוריתם של מעלית שיקצר למינימום את זמן ההמתנה בכל קומה.
7. מטבעות בחדר חשוך:

הינך נמצא בחדר חשוך בו ישנה ערימה אחת של N מטבעות. ידוע שכל המטבעות הן "פלי" למעט 10 מטבעות שהן "עץ". המטבעות לא ניתנות להבדלה על ידי מישוש.

כיצד תוכל לחלק את ערימת המטבעות לשתי ערימות, כך שבשתי הערימות מספר מטבעות "עץ" יהיה זהה?

8. כיצד להשתחרר מהכלא בעזרת נורה:

נתון כלא ובו N אסירים. מנהל הכלא השתגע. הוא אוסף את כל האסירים ומכריז כי ממחר, כל 5 דקות, הוא מוציא באופן אקראי אחד מהאסירים לטיול בן דקה בחצר.

בחצר ממוקמת נורה חשמלית ומתג. הנורה נכבית ונדלקת על ידי המתג. כל אחד מהאסירים אשר יוצא לטיול יכול להדליק את הנורה, לכבותה או לא לעשות כלום.

בכל שלב, לכל אחד מן האסירים יש את הזכות לומר "אני בטוח שכל האסירים כבר טיילו בחצר". אם אכן כך הדבר וכל האסירים טיילו בחצר – כל האסירים ישוחררו. אם לא - ולו אחד האסירים עדיין לא טייל בחצר – כולם יוצאו להורג. אמצעי התקשורת היחיד בין האסירים הוא הנורה.

השיגעון מתחיל ממחר, היום האסירים יכולים לדבר ולבנות שיטה בה הם יוכלו להשתחרר. כיצד יעשו זאת?

9. שולחן וארבעה מתגים:

בכל אחת מארבעת הפינות של שולחן ריבועי ישנו מתג אשר מוזז לצד ימין או שמאל. כל אחד מהמתגים מכוסה, כך שלא ניתן לראות לאיזה צד הוא מוזז כעת.

באמצע השולחן ניצבת נורה, אשר נדלקת כאשר כל המתגים מוזזים לאותו הצד.

הינך נכנס לחדר, בוחר לחשוף שני מתגים ובוחר האם לשנות או לא את מצבו של כל אחד מהם. לאחר מכן אתה יוצא מהחדר והשולחן מסתובב בזווית אקראית. לאחר מכן אתה שוב נכנס לחדר, בוחר לחשוף שני מתגים וכך הלאה...

מהו המספר המינימלי של כניסות לחדר בו תוכל להדליק את הנורה הניצבת במרכז השולחן?

10. איך תנצח במשחק מטבעות על שולחן עגול:

שני שחקנים מניחים מטבעות עגולים בגודל זהה על שולחן עגול. ניתן להניח את המטבע בכל מקום על השולחן, אך לא על המטבע של היריב. השחקן שלא יכול להניח מטבע – מפסיד.

תאר אלגוריתם לניצחון וודאי של השחקן הראשון.

11. יורש המלך:

מלך רצה לבחור חתן לבתו האהובה. לשם כך, אסף המלך מועמדים מכל קצוות הממלכה ולאחר תחרויות רכיבה וחץ וקשת, בחר את שלושת המועמדים הסופיים.

כעת, רצה לבדוק מי מהם הכי חכם. לשם כך, ביקש לעצום את עיניהם ובתו שמה כובע ירוק או אדום על ראשו של כל אחד מהשלושה. כשיפקחו את עיניהם, יוכל כל מועמד לראות את הכובעים של שני המועמדים האחרים אך לא את הכובע שלו.

הם נתבקשו לצעוד צעד קדימה אם רואים לפחות כובע ירוק אחד, ואם יודעים מהו הצבע של הכובע שעל ראשם, לצעוק אותו מייד.

לאחר שפקחו את עיניהם, שלושתם מייד צעדו צעד קדימה. לאחר עשר שניות, אחד מהם צעק: "הכובע שלי ירוק". הוא אכן צדק. כיצד ידע זאת?

12. חלוקת שלל בין פיראטים:

N פיראטים מצאו אוצר בן M>>N מטבעות.

כעת עליהם לחלקו ביניהם. כמו כן, ישנה היררכיה ידועה בין כל הפיראטים.

החלוקה מתבצעת באופן הבא:

הפיראט הראשון מציע הצעה כיצד יחולקו המטבעות בין כל הפיראטים. לאחר ההצעה, כל הפיראטים, למעט הפיראט שהציעה את ההצעה מצביעים. אם יש רוב או שוויון להצעה, ההחלטה מתקבלת והשלל מחולק. אם ההחלטה אינה מתקבלת, הורגים את הפיראט המציע וזכות ההצעה לחלוקת השלל עוברת לפיראט הבא בהיררכיה.

כמובן שכל אחד מהפיראטים רוצה קודם כל להישאר בחיים ורק אז לקבל מטבעות.

בהנחה שכל הפיראטים פועלים ב-100% שיקול רציונאלי, איזה הצעה אמור להציע הפיראט הראשון?

13. כיצד לעבור את הנהר?

שלושה שוטרים ושלושה אסירים נמצאים בצד אחד של הנהר. לרשותם סירה אשר יכולה להכיל שני אנשים לכל היותר.

על השוטרים להעביר את האסירים לצדו השני של הנהר, כאשר אסור שבאף רגע נתון יהיו יותר אסירים מאשר שוטרים באף אחד מצדי הנהר, שכן אז הם יתקפו את השוטרים. בכל רגע חייב להימצא אדם בתוך הסירה על מנת להשיט אותה.

14. לטאות:

ישנם 3 סוגי לטאות: ירוקות, צהובות, אדומות.

כאשר משפשפים שתי לטאות בצבעים שונים, הם הופכים את צבען לצבע השלישי. לדוגמא, אם משפשפים לטאה אדומה בלטאה ירוקה, שתיהן הופכות לצהובות.

נניח כי ישנן G לטאות ירוקות, Y לטאות צהובות ו- R לטאות אדומות.

עבור אילו ערכי G,Y ו-R ניתן לשפשף את הלטאות כך שיהיו בעלות אותו הצבע?

15. המסלול הטוב ביותר:

נתונה טבלה בגודל NxN. בכל תא רשום ערך חיובי כלשהו. בכל שלב ניתן לעלות משבצת אחת למעלה, משבצת אחת באלכסון ימינה או באלכסון שמאלה.

בהינתן הטבלה ומשבצת ממנה מתחילים, תאר אלגוריתם המחשב את המסלול בעל סכום הערכים הגבוה ביותר.

16. מהו המטבע המזוייף:

יש לך 12 מטבעות. ל-11 מהן משקל זהה. מטבע אחד מזוייף ומשקלו שונה מהשאר.
שים לב, לא ידוע האם הוא שוקל יותר או פחות משאר המטבעות.
על ידי שלוש שקילות במאזניים, עליך לגלות מהו המטבע המזוייף.

17. החלפת ערכי המשתנים:

בהינתן שני משתנים מספריים, כיצד תחליף בין הערכים שלהם, מבלי להשתמש במשתנה נוסף?

18. כיצד לגלות את הממוצע:

שלושה סטודנטים רוצים לדעת מהו ממוצע ממוצעי הציונים שלהם.
כיצד יוכלו לחשב את הממוצע הזה מבלי שאף אחד מהם יגלה לאחרים מהו הממוצע שלו?

19. כיצד לתפוס את הזבוב:

נתון ציר מספרים. זבוב בוחר מספר טבעי אקראי m. בזמן 0, הזבוב מתיישב על מספר כלשהו באקראי. בכל פעימת זמן, הזבוב מתקדם m צעדים.

לדוגמא, אם הזבוב בחר לשבת בזמן 0 על המספר 200 ובחר ש- m = -50, אזי בזמן 1 הוא יהיה על המספר 150, בזמן 2 הוא יהיה על המספר 100 וכן הלאה, עד אינסוף. (m נבחר פעם אחת ואינו משתנה).

בכל פעימה, באפשרותך לשאול האם הזבוב נמצא כעת על מספר כלשהו. תן אלגוריתם המוצא בוודאות את הזבוב בזמן סופי.

לדוגמא, לנסות לרוץ על המספרים 1,2,3 וכן הלאה לא יעבוד. שכן אם הזבוב התחיל מ- (100-) וזז לכיוון השלילי, בשיטה זו לא תתפוס את הזבוב לעולם.

20. איך תעבור את המדבר עם גמל ושרשרת זהב:

הינך הולך במדבר ופוגש איש עם גמל. בידך שרשרת זהב, המונה 7 טבעות זהב. את שלוק המים האחרון שתית לפני חצי שעה ועד לנקודת היעד נשארו לך עוד 7 ק"מ.

ואכן, האיש מוכן לקחת אותך על הגמל בעבור טבעת זהב אחת (מתוך השרשרת) לכל קילומטר. אומנם, אסור לתת לאיש מעבר למגיע לו, אחרת יברח. קרי, אסור לתת את כל השרשרת מראש. אסור לתת אפילו טבעת זהב אחת יותר. יש "לשלם" כל קילומטר.

בהינתן שמותר לך לחתוך את השרשרת אך ורק בשני מקומות, כיצד תעבור את כל הדרך, מבלי שהאיש יברח?

21. לחיצת ידיים:

זוג מזמין לארוחת ערב עוד 4 זוגות חברים. (סך הכל 10 אנשים, 2 מארחים ו-8 אורחים).

בתחילת הערב, לוחצים ידיים זה לזה. כמובן שאף אחד לא לוחץ יד לבן/בת זוגו.

כשמתיישבים לאכול, המארח שואל את האורחים כמה ידיים הם לחצו ומקבל מספר שונה מכל אחד מהאורחים. כמה ידיים לחצה המארחת?

22. משחק הכרטיסיות:

מספר זוגי של כרטיסיות מונח על השולחן בשורה. על כל כרטיסיה כתוב מספר. כל אחד מבין שני שחקנים לוקח בתורו את המספר השמאלי ביותר או הימני ביותר, לפי בחירתו. כל המספרים גלויים.

תאר אלגוריתם המבטיח ניצחון או לפחות תיקו לשחקן שמתחיל ראשון.

23. גיהינום או גן עדן?

אדם מגיע לשמיים. מולו שתי דלתות זהות – דלת לגן עדן ודלת לגיהינום. ליד כל דלת עומד מלאך. האחד תמיד אומר אמת והשני תמיד אומר שקר. המלאכים זהים והאדם אינו יודע מי מהם דובר אמת ומי מהם דובר שקר.

הוא יכול לשאול אך ורק שאלה אחת את אחד מהם. מה ישאל בכדי להגיע לגן עדן?

24. כיצד לזכות בפרס מהר?

ישנם 100 וילונות בשורה. מאחורי אחד הוילונות ישנו פרס.

באפשרותך לפתוח כל פעם וילון אחד. כל פתיחת וילון עולה לך 10$.

אם אין פרס מאחורי הוילון, הפרס מוזז ימינה או שמאלה באופן אקראי. כאשר הפרס מאחורי הוילון הכי שמאלי הוא מוזז ימינה ולהיפך.

כיצד תוכל להבטיח את מציאת הפרס במספר מינימלי של ניסיונות?

25. כיצד לעבור את שדה המוקשים:

נתון לוח משבצות בגודל NxM. חלק מהמשבצות מסומנות באדום ויש בהן מוקש. בהינתן משבצת התחלתית source ומשבצת יעד dest.

תאר אלגוריתם למציאת המסלול הקצר ביותר ליעד מבלי לדרוך על המוקשים.

26. נתון שתי רשימות מקושרות וחד כיווניות אשר מתמזגות בנקודה מסויימת. כתוב פונקציה יעילה אשר מחזירה את צומת המפגש.

27. נתון מערך של מספרים שלמים. כתוב פונקציה יעילה שמקבלת מערך ומחזירה את סכום הזוגות הגדול ביותר כאשר לזוגות אסור להיות שכנים.

28. נתון מערך בגודל K ובו מספרים מ N-1 ומערך עזר בגודל N.

עליך לכתוב קוד שיסדר את כל המספרים במערך הראשון ללא חזרות ומשמאל לימין (הכוונה שהמערך יהיה ריק מנקודה מסויימת מכיוון שרוב המספרים חזרו על עצמם).

29. יש לך מערך עם כדורים אדומים, צהובים וירוקים. אתה צריך לסדר אותו כך שכל הכדורים האדומים יהיו בהתחלה וכל הכדורים הירוקים יהיו בסוף. אין לך שטח זיכרון נוסף להשתמש בו.

30. יש לך שני כדורי זכוכית ובניין בן 100 קומות. ישנה קומה מסוימת, שממנה והלאה הכדורים יישברו אם תזרוק אותם (החל מהקומה הזאת ומעלה).

אתה צריך לגלות איזה קומה זאת (תזכור – יש לך רק שני כדורים "לבזבז".) המטרה שלך היא לעשות את זה במספר קטן ככל האפשר של ניסיונות.

31. כתוב פונקציה אשר מקבלת מחרוזת, ומדפיסה את כל הפרמוטציות האפשריות שלה.

32. נתון עץ בינארי (לכל צומת 2 בנים לכל היותר). העץ לא מאוזן ולא ממוין, וייתכנו רשומות זהות בצמתים שונים. רוצים להעביר את העץ ממחשב אחד למחשב אחר.

תכנן אלגוריתם שיקודד את העץ לקובץ, ואלגוריתם שיפענח את הקובץ חזרה לעץ.

33. יש לך רשימה מקושרת. כתוב פונקציה שהופכת את הרשימה.

34. נתונה טבלה בגודל N × N ובכל משבצת רשום ערך כלשהו. מתחילים ממשבצת כלשהי בשורה הראשונה, ובכל שלב מותר לעבור משבצת אחת למטה או משבצת אחת למטה וימינה או משבצת אחת למטה ושמאלה.

המטרה היא לאסוף סכום ערכים גדול ככל האפשר. מצא דרך לחשב את הסכום המקסימלי האפשרי. (ניתן לנסות לעשות זאת בלי מערך עזר)

35. נתונה רשימה של זמרים. בנוסף, נתון יחס סדר חלקי ביניהם (כלומר, עבור חלק מהזמרים, ידוע מי יותר טוב ממי).

בהינתן שני זמרים, עליך לקבוע מי יותר טוב מביניהם, או להכריז שלא ניתן לדעת. (ניתן להניח טרנזיטיביות)

36. יש לך רשימה מקושרת חד-כיוונית מעגלית. כל צומת בה מכיל רשומת נתונים (data) ומצביא לצומת הבא (next).

בהינתן צומת ששייך לרשימה, עליך לנתק אותו ממנה ולמחוק אותו מהזיכרון. סיבוכיות הזמן המותרת היא O(1).

37. יש לך רשימה מקושרת חד-כיוונית בגודל N. עליך לבדוק אם יש בה מעגל. סיבוכיות הזמן המותרת היא O(N).

38. אתה צריך לשלוח מכתב לחבר שלך, ואסור שאף אחד יוכל לקרוא את המכתב בדרך. לצורך כך, יש לשניכם מספר בלתי מוגבל של מזוודות ומנעולים קפיציים (מנעול קפיצי ניתן לסגור בלי מפתח). מצא פתרון לבעיה.

הערה: אי אפשר, למשל, לשלוח מפתח בדואר, כי מישהו יכול לשכפל אותו בדרך ולהשתמש בו אחרי זה.

39. נתונה טבלה של הרבה משתנים ויחסי גודל ביניהם (למשל: a<b, x>y וכדומה).

תאר אלגוריתם שיאפשר לך לסדר אותם בסדר עולה. הנח שקיימת עקביות (טרנזיטיביות) או הוכח את העדרה.

40. נתון מערך בגודל n. כל המספרים בתחום [m,…,m+n+1] נמצאים במערך הזה, פרט לשניים, שהם לא המינימום או המקסימום.

למשל, אם n=6, m=2, והמערך מכיל את המספרים 2, 4, 6, 7, 8, 9 אז חסרים המספרים 3, 5. המערך לא ממוין.

כיצד ניתן לגלות במעבר אחד או בשני מעברים על המערך מי הם המספרים החסרים?

אסור להשתמש בכמות זיכרון שתלויה בגודלו של המערך (כלומר, מותר להשתמש רק בכמות זיכרון קבועה).

41. תאר אלגוריתם לפתרון של סודוקו ריק. כלומר, בהינתן טבלה של 3 x 3 ריבועים, כשכל ריבוע הוא 3 x 3 משבצות, מצא אלגוריתם שמחשב סידור של הספרות 1-9 בכל המשבצות, כך שכל ספרה מופיעה בדיוק פעם אחת בכל ריבוע בטבלה, בכל שורה בטבלה ובכל טור בטבלה.

42. נתון ביטוי שמכיל שלושה סוגים של סוגריים ( ) , [ ] , { } .

א. תאר אלגוריתם שבודק אם הביטוי הוא חוקי או לא.

ב. אותה הבעיה, אבל הפעם קיים סוג רביעי של סוגריים, שבו אין הבדל בין סוגר שמאלי לסוגר ימני: | | .

43. נתון בניין בן 100 קומות. ספיידרמן נמצא בקומת הקרקע ורוצה לטפס על הבניין. ספיידרמן מטפס ע"י קפיצות, כאשר הוא מסוגל לעלות קומה אחת או שתי קומות בכל קפיצה.

א. כתוב תוכנית שמחשבת את מספר האפשרויות השונות (קומבינציות שונות של קפיצות), שבהן ספיידרמן יכול לטפס על הבניין.

ב. מהי סיבוכיות הזמן שלה ומהי סיבוכיות הזיכרון שלה?

ג. הראה שניתן לשנות את התוכנית כך שהיא תתבצע בזמן לינארי. (אפשרי גם בזמן קבוע)

ד. הראה שניתן לשנות את התוכנית כך שהיא תתבצע בזיכרון קבוע.

44. כתוב אוטומט סופי דטרמיניסטי, שמקבל כקלט מספר בינארי מהספרה הגדולה ביותר לספרה הקטנה ביותר, ובודק אם המספר מתחלק ב- 5.

45. בהינתן רשימה מקושרת עם מצביע לאיבר הראשון בלבד, החזר רשימה שהיא אותה הרשימה שקיבלת רק בסדר הפוך, כלומר אם הסדר ההתחלתי היה head–>11<22<33

אז אחרי הוא יהיה: head–>33<22<11

אסור להזיז את האיברים עצמם, רק מצביעים.

46. נתון המשחק הבא:

המראיין כותב שורה של מספרים כלשהם, כשהאילוץ היחידי הוא מספר זוגי של איברים (מספרים).

לאחר מכן, כל אחד בוחר את האיבר הימני יותר או השמאלי ביותר ובכך "לוקח" אליו את המספר (ומוציא אותו מהמשחק).

כך, עד ש"לוקחים" את כל המספרים – פעם אתה, פעם הוא. השחקן שלוקח את סכום האיברים הגדול ביותר, מנצח.

מצא את הטריק שמבטיח ניצחון למי שמקבל את התור הראשון.

47. נתונים שני מיכלים. במיכל הראשון יש ליטר חלב ובמיכל השני יש ליטר סירופ שוקולד.

לוקחים כוס מהמיכל הראשון, מוזגים למיכל השני ומערבבים. לאחר מכן לוקחים כוס מהמיכל השני, מוזגים בחזרה למיכל הראשון ומערבבים שוב.

מהו היחס בין ריכוז החלב במיכל הראשון לריכוז סירופ השוקולד במיכל השני?

48. נתון מערך של N מספרים שלמים, שכולל את כל הערכים בתחום [1, N-1]. אחד המספרים מופיע במערך פעמיים. מצא את הערך שלו, תוך מעבר אחד על המערך ובלי להשתמש בזיכרון נוסף.

49. ממש הכפלה של מספר כלשהו ב- 7 , ללא שימוש בפעולת כפל או בפעולת חיבור.

50. אצן A ואצן B מתחרים בריצת 100 מטר. אצן A מסיים 5 מטרים לפני אצן B.

בשביל לעשות את המירוץ יותר הוגן, הם מבצעים אותו שוב, אלא שהפעם אצן A מתחיל 5 מטרים מאחורי אצן B.

בהנחה ששניהם רצים בדיוק באותו קצב שבו הם רצו בפעם הראשונה, והמהירות היא אחידה, מי מהם ינצח בפעם השנייה?

(בלי לבצע חישובים אלגבריים).

51. חולה מקבל מהרופא שלו בקבוק של 30 כדורים מסוג X ובקבוק של 30 כדורים מסוג Y.

ההוראות של הרופא: "במשך 30 יום, אתה צריך לקחת כל יום כדור אחד מכל סוג, ואתה צריך לקחת את שני הכדורים ביחד".

ביום הראשון, החולה מוציא כדור אחד מסוג X ושני כדורים מסוג Y (בטעות). כל הכדורים נראים בדיוק אותו דבר, כך שאין לו אפשרות לדעת איזה כדור הוא צריך להחזיר לבקבוק.

הוא לא יכול לקנות בקבוקים חדשים, כי הם מאד יקרים.

איך הוא יכול לקחת את התרופות לפי ההוראות שהרופא נתן לו?

52. נתון מערך שמכיל N מספרים שלמים בתחום [0 ... N-1]. בדוק אם קיים בו ערך כלשהו שמופיע יותר מפעם אחת.

53. כמה פעמים ברציפות מופיעה הספרה 0 בסוף הייצוג העשרוני של המספר 100 עצרת?

54. שני שחקנים משחקים זה מול זה. ישנה קופה משותפת עם 0 מטבעות, וכל שחקן בתורו שם בה 1, 2, או 3 מטבעות.

בתחילת המשחק בוחרים מספר X כלשהו, והשחקן שמביא את הקופה ל- X מטבעות, מנצח. המגבלה היחידה על הערך של X, היא ש- X לא מתחלק בשלמות ב- 4.

מצא שיטה לנצחון בטוח עבור השחקן שמתחיל ראשון.

55. נתון מערך בגודל 99 - Int [99]. יש בו מספרים מ- 1 עד 100 וחסר מספר אחד בצורה לא מסודרת. יש לכתוב מתודה יעילה שתמצא מה המספר החסר.

56. ממש פונקציה המבלגנת את המערך המאותחל באופן רנדומלי.

57. לפניך 1000 מנורות, לכל מנורה מתג המדליק אותה בלחיצה אחת ומכבה אותה בלחיצה השנייה. בתחילה כל המנורות כבויות.

1000 גמדים שובבים מגיעים למקום ופועלים באופן הבא:

הגמד הראשון עובר ולוחץ על כל המתגים (כלומר: מדליק את כל הנורות).

הגמד השני לוחץ על כל מתג שני (כלומר: על המתגים שהם בעלי מספר זוגי).

הגמד השלישי לוחץ על כל מתג שלישי, וכן הלאה.

אילו נורות יהיו דלוקות לאחר שכל הגמדים סיימו להשתולל?

58. כתוב פונקציה רקורסיבית שמחשבת מספר פיבונאצ'י.
כתוב פונקציה לא רקורסיבית שמחשבת מספר פיבונאצ'י.
חשב את זמן הריצה של שתי הפונקציות.

59. כתוב פונקציה שבודקת האם העץ מאוזן/ מלא. כלומר, אם יש לכל אב שני בנים וכל העלים באותו הגובה.

60. יש לך k רשימות ממוינות עם מספרים.
כתוב פונקציה שבוחרת את הטווח המינימלי האפשרי כך שבטווח זה יהיה לפחות מספר אחד מכל רשימה. לדוגמא:

רשימה 1 – 1 20 21

רשימה 2 – 2 22 24

רשימה 3 – 30 40 50

אז הטווח המינימלי הוא 21-30

כי 21 מופיע ברשימה ה- 1, 22 ו 24 מופיעים ברשימה ה- 2 ו- 30 מופיע ברשימה ה- 3.

61. כתוב פונקציה שמקבלת גבהים ומשקלים של אנשים בצורה הבאה (180,85), (190,60), (150,100), ...

ומחזירה את האנשים ומספרם של אלו שאפשר לבנות מהם מגדל, כך שהחוק הוא שכל בנאדם שמעל לבנאדם אחר הוא גם רזה יותר וגם נמוך יותר מהקודם.

62. קיימת פונקציה שאומרת אם מחרוזת היא תת מחרוזת של מחרוזת אחרת.

בהינתן שתי מחרוזות, איך ניתן באמצעות קריאה אחת בלבד של הפונקציה הנ"ל לדעת האם מחרוזת אחת היא סיבוב ציקלי של השניה?

למשל, "יאיר" "ריאי" תיתן תשובה חיובית.

63. נתון מערך בגודל m x n כך ש m,n לא בהכרח שווים. צריך להדפיס את איברי המערך בצורה ספירלית. כלומר, אם נתון מערך

4	3	2	1
8	7	6	5
12	11	10	9

אז יש להדפיס

ZZZ 4 3 2 1 5 9 10 11 12 8 7 6 ZZZ

64. בנה פונקציה שמקבלת מספר INT ומחזירה את המספר הגדול ביותר שניתן להרכיב עם הספרות של המספר שקיבלה הפונקציה.

לדוגמה, הפונקציה מקבלת את המספר 251 , יש להחזיר 521 (כי 125, 152, 215, 512 הם יותר קטנים).

מקורות לראיונות העבודה

http://www.underwar.co.il/

אתר למידע מקצועי וחופשי בנושאי מחשבים, תכנות ומדעים מדויקים

https://www.jobhunt.co.il/

מאגר שאלות מראיונות

http://www.yourpeak.co.il/faq

חידות הגיון מראיון עבודה בהייטק

כנס המורים הארצי למורי מדעי המחשב והנדסת תכנה תשע"ח

ביום שלישי 19.12.17 התקיים בטכניון בחיפה כנס המורים השנתי.

הכנס נפתח בברכות של המפמ"ר ד"ר אבי כהן ושל ד"ר אהרון שחר מנהל אגף טכנולוגיה משרד החינוך. פרופ' שלומי דולב – יו"ר וועדת המקצוע – הציג את המתווה של תכנית הלימודים החדשה בחטיבת הביניים. ושירה צ'רני הציגה את פלטפורמת lessonPedia.net אתר לשיתוף מערכי שיעור.

פרופ' אבי גל, מהפקולטה להנדסת תעשייה וניהול בטכניון נתן הרצאה בנושא "הנדסת נתונים ומידע: חינוך תיכוני עם ביג דאטא". לאחר מכן, התקיים פאנל בנושא מידע פדגוגי-תכני לקהילת המורים הראשונה במדעי-המחשב, בהנחית ד"ר עפרה ברנדס, מכון ויצמן למדע ובהשתתפות שרה פונק, לביא בונימוביץ, דניאל בואנוס. לבסוף, הציג יוסף בלאן את פרויקט שילוב תלמידים בתעשייה.

במסגרת המושבים המקבילים בכנס השתתפו:

- איריס גבר ואמיר קירש - דווחי סטודנטים על פגמים בתרגיליהם והשפעת הדיווחים על איכות התרגילים
- אריק הוד – מאגר פעילויות ושיעורים מזווית אחרת
- שרה פונק – גישת המעבדה תחילה – דפי עבודה
- יריב דגן – מלמידה משמעותית ליישום משמעותי של הלמידה
- ישראל אברמוביץ – ניפוי שגיאות – עבודה עם ה- Debugger בסי שרפ
- מעבדת פיתוח מודרני בענן – מייקרוסופט

תוכלו למצוא חומרים מהכנס באתר החדש של המרכז

https://cse.net.technion.ac.il/

Mind The Gap

בתחילת חודש נובמבר נפתחה שנת הפעילות של תוכנית Mind The Gap בישראל בחברת גוגל ישראל. בארוע השתתפו תלמידות הלומדות במגמת מדעי המחשב ומורים מובילים מרחבי הארץ.
תלמידות התכנית הוכשרו לשמש כמנטוריות בבתי הספר שלהן במטרה לעודד תלמידות צעירות לבחור בלימודי מדעי המחשב. התלמידות עברו במהלך היום תכנים מגוונים כגון עמידה מול קהל, סדנת לימוד מדמ״ח עם Scratch, מפגש עם נשים בתעשיה ועוד.

המורים עברו סדנת Mind the Teacher, פאנל עם מהנדסות ומנהלות בגוגל ולבסוף תכננו יחד עם המנטוריות כיצד יפעלו יחד בשנה הקרובה.
תמונות נוספות ניתן לראות בעמוד הפייסבוק של התכנית

https://www.facebook.com/pg/madazelebanot/photos/?ref=page_internal

מהנדסות גוגל : הדס פסטר, רותי מנדל, ורומי גלמן

CAMPUS
TEL AVIV

תחרות טכנוראש 2018

אתר התחרות , סרטון פרסומת לתחרות , התקנון של התחרות השנה

המתמודדים יבנו ויפילו מגובה 40 מטר מתקן שמכיל מספר ביצים. ככל שיהיו במתקן יותר ביצים, ופחות ביצים יישברו, ניקוד הצוות יהיה גבוה יותר.

הפרס הראשון הוא 10,000 שקל, הפרס השני הוא 5,000 שקל, הפרס השלישי הוא 3,000 שקל

הבטים בהוראת מדעי המחשב: משוב לגיליון פברואר 2018

קוראים יקרים

לאחר שסיימתם לקרוא את העיתון, אנא מלאו ושלחו משוב זה בהקדם למינהלת מל"מ.

תודה על שיתוף הפעולה,

צוות המרכז הארצי

משוב לגיליון פברואר 2018 של "הבטים בהוראת מדעי המחשב"

נא למלא ולשלוח אל:

מינהלת מל"מ

בניין קנדה, קומה 1

קריית הטכניון, חיפה 3200003

פקס: 04-8295010 דוא"ל malamhq@cc.technion.ac.il

1. שם בית הספר _____

2. שם המשיב_____ מספר המורים שעיינו בגיליון זה בבי"ס _____

3. סמנו במשבצת המתאימה את חוות דעתכם:

				הערות
חוות דעת כללית על הגליון	טובה מאד	טובה	לא טובה	
החשיבות של כתב העת	רבה מאד	רבה	לא חשוב	
מידת העניין	מעניין מאד	מעניין	לא מעניין	
תרומה לעבודתי	תורם מאד	תורם	לא תורם	

4. הערות נוספות:

_____

_____

_____

_____

_____