דוח מיוחד

*איורים מאת אריק פטרסן*

10 הטכנולוגיות החדישות

*לשנת 2017*

פתרונות חדשנות משבשת/פתרונות משבשים העומדים לשנות את העולם

December 2017, ScientificAmerican.com 2

**מה אם**

היה ניתן לספוח מי שתיה בקלות מאוויר המדבר, בלי שהדבר ידרוש כמויות עצומות של חשמל מהרשת? מה אם רופא היה יכול לקחת ביופסיה לתאים סרטניים חשודים בלי להשתמש בסכין? מה היה קורה אם לא היינו צריכים לחכות זמן רב לתוצאות? טכנולוגיות ההופכות חזונות מעין אלה למציאות עומדים להפוך לנפוצים בשנים הקרובות. דוח מיוחד זה, שחובר והופק בשיתוף פעולה בין Scientific American  *לבין רשת המומחים של הפורום הכלכלי העולמי, מציב זרקור על עשר טכנולוגיות חדישות כאלה.*

כדי לבחור את הטכנולוגיות שסקרנו בדוח השנתי, כינסנו קבוצת היגוי של מומחי טכנולוגיה בעלי שם עולמי. הוועדה המליצה את המלצותיה וקיבלה הצעות מהמועצות של רשת המומחים של הפורום הכלכלי והעתיד הגלובלי, הוועד המייעץ של Scientific American ואחרים אשר מעודכנים במחקרים חדשים ובהתפתחויות באקדמיה, בעסקים ובממשל. לאחר מכן, צמצמה הקבוצה את הבחירות והתמקדה בטכנולוגיות שעדיין אינן נפוצות אך שמצליחות לגייס כספים רבים או שנראה כי הן מוכנות לעבור לשלב הבא שלהן. הטכנולוגיות שנבחרו מועילות לחברות ולכלכלות ויש להן את היכולת לשנות את האופן שבו דברים מתבצעים.

*-מריאט די'כריסטינה וברנרד ס' מאיירסון*

**תקציר**

בתחום מניעת המחלות והטיפול בהן, טכניקות טובות יותר לביופסיה, חיסונים גנומיים ופרויקט גלובלי עצום למיפוי כל תא אנושי מהווים ברכה לבריאות הציבור ולרפואה האישית.

קיימות באספקת המשאבים לאוכלוסיות צומחות הולכת והופכת אפשרית תודות להתקדמות בקציר מים באמצעים סולריים, ובאמצעות פוטוסינתזה המפיקה דלק מתחדש. משוב בזמן אמת הופך חקלאות מדייקת לדרך יעילה להאכיל יותר אנשים.

גרין-טק הופך נגיש יותר להמונים. ניתן להפוך שיכונים שלמים לקהילות עם אפס אחוזי פליטה גישות חדשות לתאי דלק מימן פירושן מכוניות ללא-דלק זולות יותר מאשר בעבר.

שיפור באינטליגנציה מלאכותית חזותית ובמחשוב קוונטים מובילים לעתיד שבו מכונות מפרשות מידע ופותרות בעיות מורכבות בצורה טובה יותר מאשר בני אדם.

\*חבר הוועד המייעץ של ה-Scientific American

בריאות הציבור

מים מופקים בידי השמש

טכנולוגיות שסופחות לחות מהאוויר מופעלות כיום באמצעים סולריים

***מאת דונה ג' נלסון וג'פרי קארבר***

\

למיליארדי אנשים אין גישה למים נקיים בכל השנה או בחלקה, או שהם צריכים ללכת רחוק כדי להגיע למים. עבורם, מיצוי מים ישירות מהאוויר עשוי להיות ברכה מרובה. אך הטכנולוגיות הקיימות מצריכות בדרך כלל אקלים לח וחשמל רב - שהנו יקר ולעתים בלתי-זמין. כעת, נראה כי הבעיה מתקרבת לפתרונה, תודות למערכות חזקות שנמצאות כעת בפיתוח, אשר מסתמכות על האנרגיה הזמינה מהשמש. מערכות אלה ניתנות להרחבה (סקלביליות) ופועלות אף באזורים צחיחים - מקום מחייתה של שליש מאוכלוסיית העולם, לעתים קרובות בעוני.

חוקרים במכון הטכנולוגי של מסצ'וסטס (MIT) ובאוניברסיטת קליפורניה, ברקלי, בחנו במשותף גישה שלא מצריכה חשמל כלל. הצוות מעוניין שטכנולוגיה זו תתגבר על בעיה בולטת הקיימת ביחס רוב החומרים המסוגלים לספוח מים מן האטמוספירה (באופן דומה לפעולת הזאוליטים במכשירי האדים): מלבד הצורך בלחות גבוהה, הם מוותרים על המים הלכודים רק כאשר הם מחוממים באופן משמעותי, דבר המצריך אנרגיה.

החוקרים שילבו במערכת שבנו קבוצה של קריסטלים מחוררים שנקראים מערך אורגני-מתכתי (MOF),. המערך פותח בעבר בידי הכימאי עומר מ' יאע'י, השייך כיום לקבוצת אוניברסיטת קליפורניה בברקלי. על ידי בחירת שילובים ספציפיים של מתכות וחומרים אורגניים, יכולים המדענים לבחור את התכונות הכימיות של כל מערך אורגני-מתכתי ובכך לבצע התאמה אישית של שימושיה. מעבר לוורסטיליות של המערכים, ההבטחה הגדולה שלהם נעוצה בנקבוביות הגדולות שלהם: שטח הפנים בתוכם גדול כמעט פי 10 מזה של זאוליטים נקבוביים. לשם ההשוואה, גרם אחד של מערך אורגני-מתכתי בגודל של קובית סוכר הוא בעל שטח פנים פנימי השווה בערך לשטחו של מגרש כדורגל.

באפריל, הקבוצה של יאע'י, יחד עם מהנדסת המכונות אוולין וואנג מ-MIT, דיווחה על אב-טיפוס המשלב MOF-801, או זירקוניום פומראט, אשר יש לו זיקה גבוהה למים. הוא סופח לחות מהאוויר לתוך הנקבוביות הגדולות שלו

ומזין את המים למיכל איסוף כתגובה לחימום בטמפרטורה נמוכה המגיע מאור השמש.

**כותבים**

קבוצת ההיגוי לטכנולוגיות חדשות

**מארייט די'כריסטינה**

יו"ר קבוצת ההיגוי, עורכת ראשית של Scientific Americanומנהלתה-Editorial and Publishing, Magazines, בקבוצת מחקרי הטבע השייכת לחברת Springer Nature..

**ברנרד ס' מאיירסון**

סגן יו"ר קבוצת ההיגוי, ראש תחום חדשנות ביב"מ. חבר באקדמיה הלאומית להנדסה של ארה"ב וזכה בפרסים רבים על עבודתו בפיזיקה, הנדסה ועסקים.

**נאיף אלרודהאן,**

פילוסוף, חוקר מוח וגיאו-אסטרטג, עמית כבוד בסנט אנטוניס קולג 'באוניברסיטת אוקספורד, ועמית בכיר וראש תכנית הגיאופוליטיקה והפרויקטים הגלובליים של מרכז ז'נבה למדיניות ביטחון בשווייץ.

**אליזבת ה' בלקברן,**

זוכת פרס נובל בפיזיולוגיה ורפואה לשנת 2009 , נשיאת מכון סאלק למחקרי ביולוגיה בלה-הויה, קליפורניה. היא זכתה בפרסי לסקר, גרובר וגיירדנר, ומחברת שותפה של הספר The Telomere Effect.

**ג'פרי קארבק,**

הקים מספר חברות, מוביל את תחום החומרים המתקדמים ופרקטיקת הייצור ב-Delloit Consulting.

חבר במועצת העתיד הגלובלי של הפורום הכלכלי העולמי לחומרים מתקדמים.

וינטון ג' קרפ,\* סגן נשיא ו"אוונגליסט אינטרנט ראשי" בגוגל, מוכר כ"אבי האינטרנט".

סרף יושב במועצת המדעים הלאומית של ארה"ב והוא חוקר אורח במעבדת הנעת הסילון- של נאס"א.

**חאוויר גרסיה מרטינז**

הוא פרופסור לכימיה אי-אורגנית ומנהל המעבדה לננוטכנולוגיות מולקולרית באוניברסיטת אליקנטה, ספרד.

הוא המייסד השותף של River Technology ו"מנהיג צעיר עולמי" של הפורום הכלכלי העולמי.

**דניאל מ' קאמן\***

הוא פרופסור לאנרגיה באוניברסיטת קליפורניה בברקלי, בקבוצת האנרגיה והמשאבים, בבית הספר גולדמן למדיניות ציבורית ובמחלקה להנדסה גרעינית.

הוא המנהל המייסד של המעבדה לאנרגיה מתחדשת ואנרגיה מתאימה באוניברסיטת קליפורניה בברקלי.

קריסטוף קוך**\*** חוקר בתחום מדעי המוח המוכר בעיקר בזכות

הגילוי של הבסיס המוחי למודעות אצל בני אדם וחיות. הוא המדען הראשי ונשיא מכון אלן למדעי המוח בסיאטל. שימש כמרצה לביולוגיה והנדסה במשך 27 שנים במכון לטכנולוגיה של קליפורניה.

סאנג יופ לי הוא פרופסור של כבוד להנדסה כימית וביומולקולרית במכון הקוריאני המתקדם למדע וטכנולוגיה (KAIST) ודיקן מכוני KAIST. על שמו רשומים 610 פטנטים והוא יו"ר שותף במועצת העתיד הגלובלי של הפורום הכלכלי העולמי לביוטכנולוגיה.

ג'פרי לינג, הוא אלוף-משנה בדימוס בצבא ארה"ב, פרופסור לנוירולוגיה באוניברסיטה הצבאית למדעי הבריאות ובאוניברסיטת ג 'ונס הופקינס. הוא כיהן בתפקידים מובילים בסוכנות למחקרי הגנה מתקדמים ובמשרד המדע ומדיניות הטכנולוגיה בבית הלבן.

אפורב מישרה מנהל טכנולוגיות ראשי ב-doci.ai, חברת בינה מלאכותית בתחום הבריאות. לפני תפקידו זה, עבד כסמנכ"ל תפעול (COO) ב-Datawallet, ייסד את Glavio וכיהן כסגן נשיא ב-Hypios. חבר במועצת העתיד הגלובלי של הפורום הכלכלי העולמי בתחום הטכנולוגיות החדישות.

**דונה ג' נלסון** היא

פרופסור לכימיה באוניברסיטת אוקלהומה. ב-2016 כהנה כנשיאת החברה האמריקאית לכימיה. היא שימשה יועצת מדעית לתכנית הטלוויזיה בכבלים "שוברים שורות".

דיויד פטרס, מומחה לאוטומציה, הוא יו"ר,

מנכ"ל ומייסד של Universal Robotics, חברת בינה מלאכותית המוכרת מערכות ריאקטיביות מבוקרות-מחשב ומבוססות חיישנים. הוא שימש כמפיק סרטים בהוליווד במשך 17 שנים.

כותבים אורחים בלייק בקסטיין הוא מנהל תכניות במשרד לטכנולוגיות ביולוגיות בסוכנות למחקרי הגנה מתקדמים. הוא שימש כפרופסור לביולוגיה וכעוזר לסגן הנשיא למחקר ולהעברת טכנולוגיות באוניברסיטת טקסס בטיילר.

דריו ג'יל הוא סגן הנשיא למדע ולפתרונות ב-IBM Research. הוא אחראי על סדר היום המדעי של החברה בפיזיקה, מתמטיקה ומדעי החיים וכן על המחקר בתחום הקוגניטיבי והבלוקצ'יין.

המכשיר יכול לקצור 2.8 ליטרים של מים ליום לכל קילוגרם של מערך אורגני-מערכתי, אפילו בתנאי לחות נמוכה של 20%, הדומים לתנאים במדבר. (לדברי יאע'י, אדם זקוק לפחות לפחית משקה אחת, או 355 מיליליטרים של מי שתיה ליום.) כמו כן, המכשיר לא זקוק לתשומות אנרגיה נוספות. החוקרים סבורים שיש עוד מקום לשיפור. ניסויים נוספים עם הרכב המערך המתכתי-אורגני אמורים להפוך טכנולוגיה זו לפחות יקרה (כיום, עולה זירקוניום 150 דולר לק"ג), להגדיל את כמות המים שנאספו לכל יחידת חומר ולאפשר לחוקרים להתאים את המערך לסוגי מיקרו-אקלים שונים.

בגישה שונה, חברת הזנק בשם Zero Mass Water מסקוטסדייל, אריזונה, החלה למכור מערכת סולרית שאין צורך לחברה לרשת החשמל או למערכת המים הקיימת. פאנל סולרי מספק אנרגיה שגם מניעה את האוויר דרך חומר סופג מים, שהמציאה החברה, וגם גורמת לעיבוי הלחות לכדי נוזל. בטריית ליתיום-יון קטנה מפעילה את המכשיר כשהשמש לא זורחת. יחידה שבה לוח סולארי אחד, אומרת החברה, יכולה להפיקשניים עד חמישה ליטרים נוזל ביום, אשר מאוכסנים במיכל בנפח שלושים ליטרים המוסיף סידן ומגנזיום לטעם ולבריאות.

קודי פריזן, מייסד Zero Mass Water ומדען חומרים באוניברסיטת המדינה באריזונה פיתח מערכת שתפעל בצורה קלה ובת-קיימא בכל מקום בעולם. מערכת מותקנת עם פאנל סולרי אחד נמכרת בארצות הברית ב-3,700 דולרים. מחיר זה כולל גם תרומת חובה בהיקף 10% להפחתת עלויות ההתקנה במקומות בעולם שבהם אין תשתית מים. אותה יחידה המפחיתה את הצורך בבקבוקי מים בארה"ב, מציין פריזן, יכולה גם לספק מים נקיים לבית ספר שחסרים בו מים, כדי שילדים "יוכלו לקבל השכלה ולא לחלות".

בשנה האחרונה, הוא אומר, הוצבו מערכות בדרום-מערב ארצות-הברית ובמדינות נוספות – ביניהן, מקסיקו, ירדן ואיחוד האמירויות – והחברה שלחה לאחרונה לוחות ללבנון, במימון הסוכנות האמריקאית לפיתוח בין-לאומי, לספק מים לפליטים הסורים. "רוב האנשים חושבים על חשמל כאשר הם חושבים על סולרי", מוסיף פריזן "בעתיד, אנשים יחשבו על שפע של מים."

ההישג יכול לאפשר יצירת מערכת סגורה שבה פחמן דו חמצני שנפלט בשרפה הופך חזרה לדלק במקום להתווסף לגזי החממה.

o

אנרגיה

דלק מעלה מלאכותי

טכנולוגיה המחקה פוטוסינתזה ממירה פחמן דו-חמצני לדלק בדרך בת-קיימא

***מאת חאוויר גרסיה מרטינז***

הרעיון של עלה מלאכותי נשמע הגיוני מאוד. עלים, כמובן, רותמים אנרגיה מן השמש כדי להפוך פחמן דו חמצני (פד"ח) לפחמימות המניעות את הפעילות התאית של הצמח. במשך עשרות שנים מדענים עובדים על יצירת תהליך דומה לפוטוסינתזה ליצירת דלק שניתן לאחסן לשימוש מאוחר יותר. הדבר יכול לפתור אתגר גדול של אנרגיה סולארית ואנרגיה מהרוח – דרך לאחסן אנרגיה כאשר השמש לא זורחת והאוויר עומד.

חוקרים רבים תרמו במשך השנים לפיתוח צורה של פוטוסינתזה מלאכותית, שבה זרזים המופעלים על ידי אור השמש מפרקים מולקולות מים לחמצן ולמימן – האחרון הוא חומר כימי בעל ערך למגוון רחב של טכנולוגיות בנות קיימא. צעד קרוב יותר לפוטוסינתזה של ממש יהיה להשתמש במימן זה לתגובת חיזור אשר ממירה פחמן דו-חמצני לפחמימנים. כמו עלה אמתי, מערכת זו תשתמש רק בפחמן דו-חמצני, במים ובשמש כדי להפיק דלקים.

ההישג יכול להיות מהפכני, ולאפשר יצירת מערכת סגורה שבה פחמן דו חמצני שנפלט בשרפה הופך חזרה לדלק במקום להתווסף לגזי החממה.

מספר חוקרים פועלים להשגת מטרה זו. לאחרונה, הצליחה אחת הקבוצות להוכיח כי אפשר לשלב בין פירוק מים לבין המרת פד"ח לכדי תהליך שמייצר דלק במערכת אחת יעילה ביותר. בגיליון יוני 2016 של Science דיווחו דניאל ג' נוצ'רה, ופאמלה א' סילבר, שניהם מאוניברסיטת הארוורד, כי הם ועמיתיהם פיתחו גישה לייצור דלק נוזלי (בעיקר כוהלים מסוג fusel) אשר כמותו עולה בהרבה על ההמרה שעושה עלה רגיל מפד"ח לפחמימות. צמח משתמש באחוז אחד בלבד מהאנרגיה שהוא מקבל מהשמש לצורך ייצור גלוקוז, בעוד המערכת המלאכותית ניצלה כ-10% לצורך המרת פד"ח לדלק, המקבילה של ספיחת 180 גרמים של פד"ח מהאוויר לכל קוט"ש של חשמל שנוצר.

החוקרים שילבו את הטכנולוגיה האין-אורגנית לפירוק מים בעזרת השמש (המיועדת לשימוש בחומרים ביו-קומפטיביליים בלבד, וכדי למנוע יצירת תרכובות רעילות) עם חיידקים המיועדים במיוחד לייצור דלק, הכול במיכל אחד. למרבה הפלא, חיידקים מהונדסים מטבולית אלה יצרו מגוון רחב של דלקים ומוצרים כימיים אחרים אפילו בריכוזים נמוכים של פד"ח. הגישה מוכנה להרחבה מאחר שכיום הזרזים כבר מכילים מתכות זולות וקלות להשגה.

אך החוקרים עדיין יצטרכו להגדיל בהרבה את כמות הדלק המיוצר. נוצ'רה אומר שהצוות עובד על אב-טיפוס של הטכנולוגיה ומנהל משא ומתן על שותפות עם כמה חברות.

לנוצ'רה יש חזון מרחיק לכת עבור הטכנולוגיה הבסיסית. מעבר להפקת דלקים מימן ופחמן עשירים באופן בר קיימא, הוא הוכיח כי הכנסה למערכת של חיידקים אחרים ששונו מטבולית עשויה לסייע לייצר דשן מבוסס חנקן בקרקע עצמה, גישה שתגדיל את תנובת היבול באזורים שבהם דשנים קונבנציונליים אינם זמינים. הבקטריה משתמשת במימון ובפד"ח כדי לייצר פלסטיק ביולוגי המשמש כמקור לדלק. כאשר המיקרוב מכיל מספיק פלסטיק, הוא לא זקוק יותר לאור שמש, כך שאפשר לקבור אותו באדמה. לאחר שהוא סופח חנקן מהאוויר, הוא מנצל את האנרגיה ואת המימן שבפלסטיק כדי לייצר את הדשן. צנוניות שגדלו באדמה שבה היו המיקרובים, שקלו ב-150% יותר מצנוניות בקבוצת הבקרה.

נוצ'רה מודה שבתחילה הוא הריץ את בדיקת הדשן רק כדי לראות אם הרעיון עובד. הוא חוזה, עם זאת, מצב שבו חיידקים "ינשמו מימן" שמיוצר על ידי פירוק מים וישתמשו בו כדי לייצר מוצרים, החל בדלקים ועד לדשנים, פלסטיקים ותרופות, תלוי בשינויים המטאבוליים שכל אחד מהם יעבור.

מחשוב

בינה מלאכותית שרואה כמו בני אדם

כלי ללמידה עמוקה למשימות חזותיות משנה את פני הרפואה, הביטחון ותחומים נוספים.

***מאת אפורב מישרה***

במשך רוב 30 השנים האחרונות, טכנולוגיות ראיית-מחשב השקיעו מאמצים בשיפור הביצועים, גם במשימות שגרתיות, כמו זיהוי מדויק של פנים בתצלומים. עם זאת, פריצת דרך בלמידה עמוקה – תחום מתפתח של בינה מלאכותית – מאפשר למחשבים לפרש סוגים שונים של תמונות, באותה הצלחה, ולעתים אף טוב יותר מאנשים. כיום כבר נמכרים מוצרים שמנצלים את הטכנולוגיה, שעשויה להשתלט על או לסייע במגוון רחב של עבודות שאנשים מבצעים כיום, מנסיעה במשאיות ועד פענוח סריקות לאבחון הפרעות רפואיות.

התקדמות בגישת הלמידה המעמיקה, המוכרת בשם רשת עצבים קונבולוציונית (CNN) היא המפתח לצעדים האחרונים בתחום. לשם הדגמה פשוטה של יכולות הרשת, חשבו על תמונות של חיות. בני אדם יכולים להבחין בקלות בין חתול לבין כלב, אך ה-CNN מאפשרת למחשבים לקטלג גזעים ספציפיים בצורה טובה יותר מאשר בני אדם. היכולת הזו טובה יותר מאחר שהרשת מסוגלת ללמוד טוב יותר, ולהסיק מסקנות מתוחכמות מדפוסים שקיימים בתמונות.

לא צריך לתכנת CNNים לזהות מאפיינים ספציפיים בתמונות, למשל את הצורה ואת גודל האוזניים של חיה. מלמדים אותן לזהות מאפיינים כאלה בעצמן. כדי ללמד את ה-CNN להבחין בין ספרינגר ספנייל אנגלי לוולשי, לדוגמה, מתחילים עם אלפי תמונות של חיות, הכוללות דוגמאות של שני הגזעים. כמו רוב הרשתות ללמידה עמוקה, ה-CNNים מאורגנות בשכבות. בשכבות הנמוכות, הן לומדות צורות וגבולות פשוטים מתוך התמונות. בשכבות הגבוהות יותר הן לומדות תפיסות מורכבות ומופשטות יותר, במקרה זה את ההיבטים המורכבים יותר של אוזניים, זנבות, לשונות, טקסטורת הפרווה וכולי. לאחר שלמדה, ה-CNN יכולה להחליט אם תמונה חדשה של חיה היא אחד מהגזעים המעניינים אותה.

בניית רשתות CNN התאפשרה בזכות ההתקדמות העצומה בעשור האחרון ביחידות עיבוד גרפיות ובעיבוד מקביל. אך גם האינטרנט תורם להתקדמות זו, בכך שהוא מזין את התיאבון הבלתי נדלה של ה-CNN בתמונות דיגיטליות.

מערכות ראיית מחשב שמופעלות באמצעות למידה עמוקה, מפותחות לטובת מגוון יישומים. הטכנולוגיה הופכת מכוניות אוטונומיות לבטוחות יותר באמצעות שיפור היכולת לזהות הולכי רגל. חברות ביטוח מתחילות להטמיע כלים אלה כדי להעריך נזקים שנגרמו למכוניות. בתעשיית מצלמות האבטחה, CNNים מאפשרות להבין התנהגות של קהל, ובכך הופך מקומות ציבוריים ושדות תעופה למקומות בטוחים יותר. בחקלאות, אפשר להשתמש בלמידה עמוקה כדי לחזות תנובות יבול, לנטר כמויות מים ולסייע לגלות מחלות בצמחים, לפני שהן מתפשטות.

למידה עמוקה למשימות חזותיות פורצת דרך במיוחד בתחום הרפואה, שם היא יכולה להאיץ את הפענוח שמבצעים מומחים לסריקות וללוחיות לבדיקות פתולוגיות ולספק מידע קריטי במקומות שבהם אין אנשי מקצוע שהוכשרו לקרוא את ההדמיות – בין שמדובר בסריקה, אבחון, ניטור של התקדמות המחלה או תגובה לטיפול. השנה, למשל, אישר מינהל המזון והתרופות האמריקני גישת למידה עמוקה של הסטארט-אפ "ארטריס" לשקף את זרימת הדם בלב; מטרת שיטה זו היא לעזור לאבחן מחלת לב. השנה, תיארו סבסטיאן ת'רון מאוניברסיטת סטנפורד ועמיתים בכתב העת *Nature* מערכת שסיווגה סרטן עור בצורה טובה כמו מומחי עור. החוקרים ציינו כי תכנה כזו, המותקנת על טלפונים חכמים, אשר נמצאים בכל מקום בעולם, עשויה לספק "גישה אוניברסלית בעלות נמוכה לטיפול אבחוני חיוני." כמו כן, מפתחים מערכות להעריך רטינופתיה סוכרתית (הגורמת לעיוורון), שבץ, שברים, מחלת אלצהיימר ומחלות אחרות.

הנדסה

חקלאות

מדייקת

חיישנים, הדמיה וניתוח נתונים בזמן אמת משפרים את התפוקות החקלאיות ומפחיתים בזבוז

**מאת ג'פרי לינג ובלייק בקסטיין**לעומת זאת, משלבת חיישנים, רובוטים, GPS, כלי מיפוי ותוכנות ניתוח נתונים כדי להתאים אישית את הטיפול שהצמחים מקבלים, כל זאת בלי להגדיל את כמות העבודה. חיישנים נייחים או רכובים על רובוטים ומזל"טים מצוידים במצלמות שולחים באופן אלחוטי תמונות ונתונים על צמחים בודדים - מידע, למשל, על גודל הגבעול, צורות העלים ועל הלחות של האדמה סביב הצמח - למחשב, המחפש סימנים לבריאות ועקה (סטרס). החקלאים מקבלים את המשוב בזמן אמת ואז מספקים מים, חומרי הדברה או דשן במינונים מכוילים רק לאזורים הזקוקים להם. טכנולוגיה זו יכולה לסייע לחקלאים גם להחליט מתי לשתול ומתי לקצור.

כתוצאה מכך, חקלאות מדייקת יכולה לשפר את ניהול הזמן, להפחית את צריכת המים והשימוש בכימיקלים, וליצור יבולים בריאים ותשואות גבוהות יותר - שכולם נהנים משורה התחתונה של החקלאים ומשמרים משאבים תוך צמצום בזבוז נֶגֶר חומרים כימיים

חברות הזנק רבות מפתחות תוכנות, חיישנים, מידע מבוסס-אזור וכלים אחרים לחקלאות מדייקת, וגם חברות גדולות כגון מונסנטו, ג'ון דיר, דואו ודופונט. משרד החקלאות האמריקאי, נאס"א והמנהל הלאומי לאוקיינוסים ואטמוספרה, כולם תומכים בחקלאות מדייקת, ומוסדות אקדמיים רבים מציעים קורסים בנושא.

ככל שאוכלוסית העולם צומחת, החקלאים צריכים לגדל יותר מזון. עם זאת, שטחי החקלאות לא יכולים לעמוד בקצב, ואיום הביטחון התזונתי המתהווה עלול בקלות להתפתח לחוסר יציבות אזורית או אפילו גלובלית. על מנת להתאים עצמם למצב זה, חקלאים מגלים בהדרגה את החקלאות המדייקת שמסייעת להגביר את התפוקות, להפחית כמויות פסולת ולצמצם את הסיכונים הכלכליים והביטחוניים הנלווים, באופן בלתי נמנע, לאי-הוודאות החקלאית.

החקלאות המסורתית מסתמכת על ניהול שדות שלמים - קבלת החלטות הנוגעות לשתילה, לקציר, להשקיה ולשימוש בחומרי הדברה ובדשנים - על בסיס תנאים אזוריים ונתונים היסטוריים. חקלאות מדייקת

בהקשר דומה, מגדלי זרעים מיישמים טכנולוגי זו כדי להשביח את ה"פנוטיפיזציה" של הצמח.

באמצעות מעקב אחר צמחים בודדים לאורך זמן וניתוח הנתונים לגבי הצמחים שמשגשגים בתנאים שונים, חברות יכולות לקשר את תגובת הצמחים לסביבתם

על מנת להבין באמת ולעומק כיצד פועל גוף האדם וכיצד נגרמות מחלות, יהיה עלינו לצבור כמות מידע עצומה. נצטרך לדעת את זהותו של כל סוג תא בכל רקמה; בדיוק אילו גנים, חלבונים ומולקולות אחרות פועלים בכל סוג; אילו תהליכים שולטים בפעילות זו; שבו התאים ממוקמים בדיוק; איך התאים בדרך כלל מקיימים אינטראקציה אחד עם השני; ומה קורה לתפקוד הגוף כאשר היבטים גנטיים או היבטים אחרים של התא עוברים שינוי.

עם הגנומיקה שלהם מידע זה, בתורו, מאפשר לחברות לייצר זני זרעים שישגשגו בתנאי קרקע ומזג אוויר ספציפיים. פנוטיפיזציה מתקדמת עשויה לסייע לייצר גידולים מזינים יותר.

מגדלים לא מאמצים את החקלאות המדייקת בשל כמה סיבות. העלויות הראשוניות של הציוד - ביחוד הוצאות הנוגעות להגדלת קנה המידה של השימוש בטכנולוגיה עבור מערכות גדולות לייצור יבולים - הן מחסום אחד. היעדר פס רחב עלול להוות מכשול במקומות מסוימים, למרות שמשרד החקלאות האמריקאי מנסה לפתור בעיה זו. חקלאים לגידולים עונתיים שיש להם פחות אוריינות מחשב, עשויים לחשוש מהטכנולוגיה. ומערכות גדולות עלולות להיות מעבר להישג ידם של משקים קטנים במדינות מתפתחות. אבל מערכות זולות ופשוטות יותר עשויות להיכנס לשימוש. צאלח סוכאריה מאוניברסיטת סידני, לדוגמה, הציג מערכת ניטור יעילה וזולה באינדונזיה, הפועלת על אנרגיה סולארית ועל טלפונים ניידים. עבור אחרים, נראה כי החיסכון בעלויות בעתיד עשוי להפחית את החששות הכספיים. ואף על פי שחקלאים ותיקים עשויים להסתייג מטכנולוגיה חדשה, הרי שהדור החדש של החקלאים, בעלי ידע טכנולוגי, עשויים לאהוד את הגישה.

*הדעות, העמדות והממצאים המופיעים במאמר זה הן של המחברים בלבד ואין לפרשם כמייצגים את העמדות או המדיניויות הרשמיות, המפורשות או המשתמעות, של הסוכנות למחקרי הגנה מתקדמים או של מחלקת ההגנה.*

**O** רפואה וביו-טק

מיפוי כל תא

פרויקט עולמי להבנת תפקודם של כל סוגי התאים האנושיים

***מאת סאנג יופ לי***

נראה כי בניית מאגר ידע עשיר ומורכב הוא משימה בלתי אפשרית. עם זאת, קונסורציום בין-לאומי רחב של קבוצות מחקר עשה את הצעדים הראשונים לקראת יצירה של דבר כזה בדיוק. הם מכנים אותו "אטלס התא האנושי".

הקונסורציום קיים את מפגש התכנון הראשון שלו באוקטובר 2016, ועדיין ממשיך להתארגן. גם יוזמת צ'אן-צוקרברג משתתפת בפרויקט. בחודש יוני 2017 הודיעה היוזמה כי היא מעניקה תמיכה כספית והנדסית לבניית פלטפורמת נתונים פתוחה לארגון הממצאים, וכך הם יהיו זמינים לשיתוף בקלות, על ידי חוקרים בפרויקט ומחוץ לו.

האטלס, שישלב מידע מפרויקטי מחקר קיימים ועתידיים, התאפשר תודות לשורה של הישגים טכנולוגיים. אלה כוללים התקדמות בכלים לבידוד תאים בודדים, ליצירת פרופיל חלבונים בתא בודד בכל זמן נתון (חלבונים הם "סוסי העבודה" העיקריים בגוף), ולריצוף במהירות ובזול של דנ"א ורנ"א. האטלס ישלב מחקר שיבחן את כל "האומים": הגנום (מערך הגנים המלא), הטרנקסריפטום (ה - RNA המורכב מהגנים), הפרוטאום (החלבונים), המטבולום (מולקולות קטנות, כגון סוכרים, חומצות שומן וחומצות אמינו, המעורבות בתהליכים תאיים או שנוצרו עקב תהליכים כאלה), ואת הפלוקסום (תגובות מטבוליות ששיעורן עשוי להשתנות בתנאים שונים). לאחר מכן, הממצאים הללו ימופו לתת-אזורים שונים של תאים. תוצאות משולבות אלו יובילו לכלי שידמה את כל סוגי התאים ומצביהם בגוף שלנו ויביא לתובנות חדשות לגבי תהליכי מחלה ודרכי התערבות.

אחד מהחלקים המתקדמים ביותר באטלס התאים הוא אטלס החלבונים האנושיים, המתעדכן כל העת. הוא מציע הצצה על סוג העבודה המקיפה שמושקעת בבניית פרויקט הגג וכן את הערך הפוטנציאלי שלו.

המשתתפים באטלס חלבון האדם סיווגו רוב גדול של גנים מקודדי-חלבונים בבני אדם באמצעות שילוב של גנומיקה, טרנסקריפטומיקה ופרוטאומיקה ופרופיל מבוססי נוגדן, אשר מזהה מיקום. מאז הקמתה של התכנית בשנת 2003, כ-100 שנות אדם של פיתוח תוכנה הושקעו במעקב אחר הנתונים ובארגונם עבור ניתוח ברמת המערכת. יותר מ-100 מיליון תמונות נוצרו והוערו בהערות של פתולוגים. האטלס כולל מפה ברזולוציה גבוהה של מיקומם של יותר מ-12,000 חלבונים בשלושים מחלקות תת-תאיות, או אברונים, של תאים שונים.

כל הממצאים זמינים לקהילת המחקר, ללא הגבלה. משתמשים יכולים לבצע שאילתה על מסד הנתונים כדי לחקור את החלבונים באיבר או רקמה גדולים, או שהם יכולים להתמקד בחלבונים בעלי תכונות ספציפיות, כגון אלו המשתתפים בתחזוקת תאים בסיסיים או בתהליכים שמתרחשים רק ברקמות ספציפיות. המידע יכול לסייע גם למדל שפע של רכיבים דינמיים הנמצאים באינטראקציה אלה עם אלה ומאפשרים חיים, כדי לחקור רעיונות חדשים לטיפולים.

סיום אטלס התאים האנושיים לא יהיה קל, אך בסופו של דבר

יהווה כלי שלא יסולא בפז לשיפור הטיפול ולרפואה מותאמת-אישית.

**o**

רפואה וביו-טק

***מאת אפורב מישרה***

ביופסיות

נוזליות

בדיקות דם בעלות רגישות גבוהה מבטיחות שיפור באבחון סרטן ובטיפול בו

מטופל שיש חשד כי יש לו סרטן עובד לרוב בדיקת הדמיה וביופסיה. דגימות מהגידול מוצאות, נבדקות מתחת למיקרוסקופ ולעתים קרובות מנותחות על מנת לזהות את המוטציות הגנטיות האחראיות לממאירות. יחד, מסייע מידע זה לקבוע את סוג הסרטן, הדרגה שלו והדרך הטובה ביותר לטפל בו. עם זאת, לעתים לא ניתן לבצע ביופסיה, למשל במקרים שבהם קשה להגיע לגידול. תהליך הוצאת הרקמה וניתוחה עלול להיות יקר ואטי. בנוסף, מאחר שביופסיות הן הליך פולשני, הן עלולות לגרום לזיהומים או לסיבוכים אחרים.

כלי הידוע בשם "ביופסיה נוזלית" - אשר מוצא סימנים לסרטן בדגימת דם פשוטה - מבטיח לפתור בעיות אלה ונוספות. כמה עשרות חברות מפתחות טכנולוגיות מסוג זה. צופים כי השוק לבדיקות אלה יכול להיות שווה מיליארדים.

הטכנולוגיה מתבססת לרוב על דנ"א. מומס של הגידול (CtDNA), חומר גנטי אשר מוצא את דרכו מתאי הסרטן לזרם הדם. רק לאחרונה מאפשרות טכנולוגיות מתקדמות למצוא, להגביר ולרצף את הדנ"א בצורה מהירה ולא יקרה.

כיום הבדיקות, שמציעות כמה חברות, מסייעות לרוב בקבלת החלטות טיפוליות לגבי אנשים שכבר אובחן אצלם סוג מסוים של סרטן, כגון סרטן הערמונית או הריאות. עם זאת, הבדיקות הנוזליות יכולות לספק שירותים נוספים, אשר אינם מתאפשרים בביופסיה של רקמות. בדיקות חוזרות עשויות לאתר התקדמות של המחלה או התנגדות לטיפול, הרבה לפני הופעת סימפטומים או מתגלים בבדיקות הדמיה. ביופסיות רקמות בוחנות רק פיסות גידולים נבחרות, ולכן הן עלולות להחמיץ תאים שהפכו מסוכנים יותר משכניהם; עקרונית, הביופסיה הנוזלית יכולה לזהות את הטווח המלא של המוטציות בגוש, דבר המצביע על צורך בטיפול אגרסיבי יותר. משמעותן המכריעה של ביופסיות נוזליות היא שיוכלו להוות בעתיד בדיקה מהירה וקלה לאיתור סרטן וקביעת הסוג שלו, אצל אנשים שנראים בריאים לחלוטין.

על רקע ההתלהבות הגוברת בתחום, GRAIL, חברה שהתפצלה מ-Illumina, גייסה בחודש מרץ האחרון 900 מיליון דולר ממשקיעים, כולל מאמזון ומכמה חברות תרופות גדולות. GRAIL מתכננת

להשתמש בכסף כדי לפתח את הטכנולוגיה ולקיים מחקרים קליניים בסדר גודל רחב (בהשתתפות מאות אלפי אנשים) דרושים לבדוק אם הסינון יהיה בר ביצוע. כמו כן, בחודש מרץ קיבלה חברת Freenome שבקליפורניה 65 מיליון דולר בניסויים קליניים, שצפויים להתבצע עם מספר רב של שותפי מחקר, כדי לקבוע אם הבדיקה משפרת את מצבם של חולי סרטן. בחודש מאי האחרון הודיעה חברת Guardant Health כי גייסה 360 מיליון דולר ממשקיעים, שנוספו למימון שגויס לפני כן, והיא פועלת להציע את בדיקת הביופסיה הנוזלית שלה למיליון איש בחמש השנים הקרובות.

כדי שהבדיקות ייכנסו לשימוש נרחב, הניסויים הקליניים חייבים להוכיח כי הגישה מזהה את הסרטן במדויק וכי על ידי סיוע בהחלטות טיפוליות, היא משפרת את שיעורי הפרוגרסיה וההישרדות.

חיסונים סטנדרטיים למניעת מחלות זיהומיות מורכבים מפתוגנים מומתים או מוחלשים או מחלבונים מאותם מיקרואורגניזמים. הם מלמדים את המערכת החיסונית לזהות כאויב חתיכות מסוימות של חלבון - שנקראות אנטיגנים - על פני השטח של הפתוגן. בפעם הבאה שהמערכת החיסונית פוגשת את אותם אנטיגנים זרים, היא מוכנה להכות. (חיסונים מודרניים רבים מספקים רק את האנטיגנים, ולא את הפתוגנים). חיסונים המטפלים בסרטן מסתמכים גם על חלבונים אשר רופאים עשויים לתת לחולים כדי לשפר את התגובות החיסוניות שלהם. חלבונים אלה יכולים לכלול גם את הטילים המונחים של מערכת החיסון עצמה: הנוגדנים.

לעומת זאת, סוג חדש של חיסון, אשר צפוי לבצע פריצת דרך משמעותית ברפואה, מורכב מגנים. חיסונים גנומיים מבטיחים יתרונות רבים, כולל ייצור מהיר יותר כאשר וירוס, כגון זיקה או אבולה, הופך למידבק או מתפשט במהירות. חיסונים אלה נמצאים כבר עשורים בתהליך הכנה, אך עשרות מהם נכנסו לשלב הניסויים הקליניים.

חיסונים גנומיים מגיעים בצורת דנ"א או רנ"א אשר

מקודד את החלבונים הרצויים. בהזרקת החומר, הגנים נכנסים לתאים, ואלו מייצרים את החלבונים שנבחרו.

בהשוואה לייצור חלבונים בתרביות תאים או ביצים, ייצור החומר הגנטי אמור להיות פשוט וזול יותר. יתר על כן, חיסון אחד יכול לכלול רצפי קידוד עבור חלבונים מרובים, ואפשר לשנותו בקלות אם הפתוגן עובר מוטציה או שצריך להוסיף תכונות לחיסון. מומחים לבריאות הציבור, למשל, משנים את חיסון השפעת מדי שנה, אך לעתים החיסון שהם בוחרים אינו תואם את הזנים המסתובבים כאשר מגיעה עונת השפעת. בעתיד, החוקרים יוכלו לרצף את הגנומים של הזנים המסתובבים ולהפיק חיסונים מותאמים יותר תוך שבועות בודדים.

**O** רפואה וביו-טק

חיסונים

גנומיים

חיסונים המורכבים מדנ"א או מרנ"א עשויים לאפשר פיתוח אמצעים מונעים למחלות מידבקות

***מאת ג'פרי לינג***

גנומיקה מאפשרת גם "טוויסט" חדש בגישה לחיסונים שידועה בשם העברה חיסונית סבילה, שבה מעבירים נוגדנים במקום אנטיגנים. מדענים יכולים כעת לזהות אנשים העמידים בפני פתוגן מסוים, לבודד את הנוגדנים המספקים הגנה זו ולעצב רצף גנים שיגרום לתאים של אדם לייצר נוגדנים אלה.

אלו המטרות שעומדות לנגד עיני ממשלת ארצות הברית, מעבדות אקדמיות וחברות קטנות וגדולות העוסקות בפיתוח הטכנולוגיה. מגוון של ניסויים קליניים לבדיקת בטיחות ואימונוגניות נמצאים בעיצומם, כולל לשפעת העופות, אבולה, הפטיטיס C, HIV, סרטן השד, הריאות, הערמונית, הלבלב וסוגים אחרים של סרטן. ניסוי אחד לפחות בודק את היעילות: המכון הלאומי לבריאות החל בניסוי קליני רב-אתרי כדי לבדוק אם חיסון דנ"א יכול להגן מפני נגיף הזיקה.

בינתיים, חוקרים עובדים כדי לשפר את הטכנולוגיה - למשל, במציאת דרכים יעילות יותר להכנסת הגנים לתוך התאים ובשיפור יציבות החיסונים בחום. מתן החיסון דרך הפה, שיהווה יתרון משמעותי כאשר בנמצא מספיק צוות רפואי, אינה דבר שצפוי בעתיד הקרוב אך נבדק מתן התרופה דרך האף, כחלופה. קיימת אופטימיות רבה שניתן להתגבר על המכשולים שנותרו, דוגמת אלה שצוינו לעיל.

כלי רכב

**מכוניות מימן להמונים**

צמצום השימוש במתכות יקרות הופל קטליזטורים של תאי-דלק לבני-השגה.

***מאת דונה ג' נלסון***

כלי רכב חשמליים המופעלים באמצעות סוללות ואשר אינם פולטים פחמן דו חמצני עומדים להפוך לדבר שבשגרה. כיום הם מהווים פחות מאחוז אחד מכלל המכוניות הנוסעות בכבישים, אך חידושים רבים בתכונות כגון עלות הסוללה ואורך חייה הפכו את המחירים לתחרותיים כל כך, עד כי לחברת Tesla יש יותר מ -400,000 הזמנות מראש עבור דגם 3 שעלותו 35 אלף דולר, שעתיד לעלות על הכביש באמצע שנת 2018.

לרוע המזל, התקווה הגדולה האחרת לכלי רכב שפולטים פחמן - אלה המופעלים על ידי תאי דלק המוזנים במימן - עודנה יקרה מדי למכירה בהיקף רחב. (המחיר ליצרן עבור Toyota Mirai הוא 57,000 דולרים) עם זאת, שורה של מעבדות ועסקים, נחושים לקצץ בעלויות הייצור באמצעות החלפת אחד המרכיבים היקרים ביותר בתאי דלק: הקטליזטור. גרסאות מסחריות רבות מכילות את המתכת היקרה פלטינה, אשר מלבד היותה יקרה, היא נדירה מדי מכדי לשמש באופן נרחב בכלי רכב.

החוקרים עוקבים אחר מספר שיטות על מנת לצמצם את תוכן הפלטינה: שימוש יעיל יותר בה, והחלפתה, כולה או חלקה, בפלדיום (המתפקד באופן דומה ויקר פחות), החלפת כל המתכות היקרות במתכות זולות, כגון ניקל או נחושת, או ויתור מוחלט על המתכות. קטליזטורים מסחריים בנויים לרוב משכבות דקות של ננו-חלקיקי פלטינה, על גבי שכבת ציפוי מפחמן; החוקרים בוחנים גם מצעים חלופיים.

סטניסלב ס' וונג מאוניברסיטת סטוני ברוק, אשר עובד עם רדוסלב ר' אדציק מהמעבדה הלאומית ברוקהייבן, הוא בין אלה המובילים את המאמץ בתחום. הוא ועמיתיו, למשל, שילבו כמויות קטנות יחסית של פלטינה או פלדיום עם מתכות זולות יותר כגון ברזל, ניקל או נחושת, לייצר סוגים רבים של סגסוגת, מאחר שהם הרבה יותר פעילים מאשר קטליזטורים מסחריים. הקבוצה של וונג הפכה את המתכות לנאנו-סיבים חד-ממדיים דקים ביותר (בקוטר 2 ננומטר לערך). לנאנו-סיבים אלה יש יחס גבוה בין שטח הפנים לנפח, מה שמגדיל את מספר האתרים הפעילים לתגובות קטליטיות.

באופן טבעי, המצב האידיאלי יהיה קטליזטורים נטולי פלטינום. העבודה על באופן טבעי, קטליזטורים נטולי פלטינום יהיו אידיאלים. עבודה על קטליזטורים כאלה היא חדשה אך מתנהלת במרץ. בסוף 2016, דיווח סאנג הון יו מהמכון הלאומי אולסן למדע וטכנולוגיה (UNIST) בדרום קוריאה כי לנאנו-צינור של קטליזטור המצופה בברזל ובחנקן, יש פעילות דומה לזו של הקטליזטורים המסחריים. גם לימינג דאי ועמיתים מאוניברסיטת ווסטרן ריסרב המציאו קטליזטור. נטול-מתכת, העשוי מקצף פחמן מצופה בחנקן ובזרחן אשר פעיל כמו הקטליזטורים הסטנדרטיים.

המצאה והכנה של חומר בעל פעילות קטליטית מצוינת היא רק חלק מהאתגר, מציין וונג. חוקרים פועלים גם להרחבת שיטות ייצור המעבדה הקיימות כדי להבטיח עקביות בפעילות ובעמידות של החומרים החלופיים המתאימים ביותר. בכל שלבי העבודה שלהם, זוכים אנשי המעבדה לעזרה מתיאורטיקנים שמפעילים מודלים מתוחכמים של מחשב כדי להבין איך משפיעים משתנים שונים על הביצועים - מהרכבים הכימיים, הגדלים והצורות של חלקיקי המתכת ועד הארכיטקטורות של מבני התמיכה. שיתופי פעולה כאלה, אומר וונג, אמורים יום אחד לאפשר ליצר קטליזטורים מעולים לכלי רכב זולים מונעים בתאי-דלק.

כמובן, המטרה של מערכת תחבורה בת קיימא מצריכה לא רק פליטת אפס פחמה במהלך נהיגה, אלא גם במהלך הייצור וההפצה של הדלק, יהא זה חשמל או מימן. סוגיה זו עודנה מהווה אתגר רציני שטרם נפתר.

0

אנרגיה

קהילות

בנות קיימא

במקום "ליירק" בתים בודדים, גושים שלמים של בתים יושבחו לכדי יחידה יעילה אחת

***מאת דניאל מ' קאמן***

בעשור האחרון גדל מאוד שיעור הבניה וההשבחה של בתים שיצרכו פחות אנרגיה ומים עם זאת, שימוש בבנייה ירוקה עבור כמה בתים בבת אחת עשוי להיות רעיון טוב יותר. שיתוף משאבים ותשתיות יכול להפחית את בזבוז, והשבחת שכונות עוני או שכונות מתונות-הכנסה יכולה גם לחסוך בעלויות ולהנגיש טכנולוגיה מודרנית לאנשים שלרוב אין להם את האמצעים/ההזדמנויות הללו. עבודה ברמת השכונה מוסיפה אומנם מורכבות לתכנון, אך מאמצים שכונתיים אלה מעניקים יתרונות שאינם אפשריים בבתים ירוקים בודדים.

דוגמה אחת היא פרויקט "אוקלנד אקובלוק" שעמדתי בראשו באוניברסיטת קליפורניה בברקלי, עם עמיתי הריסון פרייקר, פרופסור לארכיטקטורה ותכנון ערים. זהו מפעל רב-תחומי, שחברים בו מתכנני ערים, מהנדסים, מדענים חברתיים ומומחי מדיניות מממשלות עירוניות, ממשלתיות ופדרליות, אקדמיה, תעשייה פרטית, מלכ"רים וארגוני שטח.

בתכנית, שתוכננה בפירוט רב, אך טרם החלה בנייתה, ישופצו של 30 עד 40 בתים ישנים רצופים בשכונה של משתכרי הכנסה נמוכה עד בינונית ליד גשר שער הזהב המפורסם בקליפורניה. מטרת התכנית היא ליישם את הטכנולוגיה הקיימת כדי להפחית באופן דרמטי את צריכת דלקי המאובנים ואת צריכת המים ואת פליטת גזי החממה. אנו מצפים להחזר מהיר של הכסף שהושקע בתשתיות, באמצעות חיסכון בהוצאות התפעול, תוך הבטחת נוחות ובטיחות לטווח ארוך של התושבים.

כדי להביא אנרגיה מתחדשת, נתקין פאנלים סולאריים על מבנים ברחבי האזור ונשלח את האנרגיה במיקרוגרידים (microgrids) חכמים. אנרגיה סולארית עודפת תאוכסן באמצעות גלגל תנופה שיימצא במבנה קהילתי. התושבים יחְלקו גם מכוניות חשמליות, אשר תהיה להן גישה ליותר מעשרים תחנות טעינה מקומיות. צעדים אלה אמורים להפחית את צריכת החשמל השנתית ביותר ממחצית ולהביא את פליטות פחמן לאפס - הישג יקר ערך, בהתחשב בכך שיותר מרבע פליטות גזי חממה בארה"ב מקורו במגורים.

הסוכנות להגנת הסביבה מעריכה כי כ-50% מצריכת המים הביתית בקליפורניה מיועדת למדשאות ולגינות. במסגרת הפרויקט, נטפל ונשתמש מחדש במי-שפכים משירותים ומים אפורים מכיורים וממכונות כביסה. הנוזלים הממוחזרים ינותבו לגינון ולהשקיה. נאסוף מי גשמים ונעביר אותם לשירותים ולמדיחים ונתקין אביזרים וברזים יעילים. בינתיים, פסולת מוצקה מטופלת תהפוך לקומפוסט. ההערכות שלנו מעידות על כך שהעיצוב מחדש של המערכת של אקובלוק יקטין את הביקוש למי שתייה בעד שבעים אחוזים.

פרויקט אוקלנד אקובלוק יספק עבודה בבניה למקומיים ויסייע להחיות את הקהילה.

אם הפרויקט יהיה מוצלח כפי שאנו צופים, הוא יכול לשמש מודל לקיימות שניתן יהיה לשכפלו בארצות הברית ומחוץ לה. עד כה, קיבלנו פניות מאירופה, מצפון אפריקה ומאסיה, מה שמעיד על עניין נרחב בהתמקדות ובעיצוב מחדש של קהילות שלמות ולא רק בבתים בודדים.

**10**

מחשוב

מחשוב

קוונטים

אלגוריתמים וטכניקות חדשות פותחים את הדלת ליישומים חדשניים.

***מאת דאריו ג'יל***

מחשוב קוונטים מלהיב את הדמיון במשך כמעט חמישים שנים. הסיבה פשוטה: הוא מציע דרך לפתור בעיות שאי אפשר לענות עליהן באמצעות המחשבים הרגילים. דוגמאות לכך הן הדמיות כימיות מדויקות, לטובת פיתוח מולקולות וחומרים חדשים, וכן פתרון בעיות אופטימיזציה מורכבות, המחפשות את הפתרון הטוב ביותר מבין חלופות אפשריות רבות.

**בכל תעשייה יש צורך באופטימיזציה, וזו סיבה אחת מדוע טכנולוגיה זו היא בעלת פוטנציאל משבש כל כך.**

מחשבי קוונטים מתמודדים עם בעיות באמצעות רתימת כוחה של מכניקת הקוונטים. במקום לשקול את הפתרונות אחד אחד, כמו שמכונה רגילה פועלת, מחשוב הקוונטים פועל בדרגים שלא ניתן להסבירן בעזרת אנלוגיות קלאסיות. הם מתחילים

עם זאת, ההתקדמות בשנים האחרונות אפשרה לבניית מערכות אב-טיפוס ראשונות שיכולות לבחון רעיונות, אלגוריתמים וטכניקות אחרות שעד כה היו תיאורטיות בלבד.

המחשבים הקיימים עדיין קטנים מדי כדי לפתור בעיות מורכבות יותר ממה שמחשבי העל מסוגלים להתמודד איתם כיום. עם זאת, חלה התקדמות משמעותית. פותחו אלגוריתמים שירוצו מהר יותר במחשבי קוונטים. כיום קיימות טכניקות המרחיבות קוהרנטיות (חיים של מידע קוונטי) בביטים קוונטיים מוליכי-על בפקטור של יותר מ - 100 בהשוואה ללפני עשור. כעת, אפשר למדוד את הסוגים החשובים ביותר של טעויות בחישובים קוונטיים. ב-2016, יב"מ הנגישה לציבור את מחשב הקוונטים הראשון בענן - ה IBM Q Experience - בעל ממשק גרפי לתכנות וכיום עם ממשק המבוסס על שפת התכנון הפופולרית פייתון. פתיחת מערכת זו הניבה חידושים חיוניים להתקדמות טכנולוגית מחשוב הקוונטים, ויותר מ - 20 מאמרים אקדמיים פורסמו באמצעות כלי זה. התחום מתרחב בצורה דרמטית. קבוצות מחקר אקדמי ויותר מחמישים חברות הזנק וחברות גדולות בעולם מתמקדים בהפיכת מחשבי קוונטים למציאות.

בהינתן כל החידושים הטכנולוגיים הללו ומחשב בקצות אצבעותיו של כל אדם, זה הזמן "להכין את הקוונטים". אנשים יכולים להתחיל להבין מה היו יכולים לעשות אם המחשבים של היום היו מסוגלים לפתור בעיות מורכבות. ברשת קיימים מדריכים רבים למחשוב קוונטים, שיכולים לסייע להם להתחיל.

עם זאת, עדיין קיימים מכשולים רבים. זמני הקוהרנטיות צריכים עדיין להשתפר, שיעורי טעויות חישוב הקוונטים צריכים לרדת ולבסוף עלינו לצמצם או לתקן את הטעויות שעדיין מתרחשות. חוקרים ימשיכו לחדש בתחום החומרה והתוכנה כאחד. החוקרים אינם מסכימים, עם זאת, על הקריטריונים שיקבעו מתי המחשוב הקוונטי יגיע לבשלות טכנולוגית. חלקם הציעו סטנדרט שהוגדר על ידי היכולת לבצע מדידה מדעית כה מעורפלת, עד כי אי אפשר להסביר זאת בקלות לקהל הרחב. אני ואחרים חולקים על כך, וטוענים כי מחשוב קוונטי לא יוכל להיחשב באמת כטכנולוגיה עד שיוכל לפתור בעיות בעלות חשיבות מסחרית, אינטלקטואלית וחברתית. החדשות הטובות הן שהולך וקרב היום לכך

בתרכובת קוונטית של כל הפתרונות האפשריים, ואז משתמשים בשזירה ובהפרעה קוונטית כדי להתביית על התשובה הנכונה - תהליכים שאיננו מבחינים בהם בחיי היומיום שלנו.

ההבטחה שנושאים מחשבי קוונטים נקנית במחיר הקושי לבנותם. עיצוב פופולרי דורש חומרים מוליכים החייבים להיות בטמפרטורה קרה פי מאה 100 מאשר זו שבחלל החיצון, שליטה מעולה על מצבים קוונטיים עדינים, ואת המגן הנכון כדי שאף קרן אור תועה לא תגיע למעבד. עד לאחרונה, הגישה למחשבים קוונטיים הוגבלה למומחים בכמה מתקנים ברחבי העולם.

לקריאה נוספת

10 הטכנולוגיות החדשות של 2016. Scientific American and World Economic Forum, June 23, 2016. [www.scientificamerican.com/](http://www.scientificamerican.com/) report/the-top-10-emerging-technologies-of-2016

**מהארכיון שלנו**

תקוות גדולות למימן ג'ואן אוגדן, ספטמבר 2006

רוברט פילס. פאולו דאריו ואריאנה מנציאסי, אוגוסט 2006.

ממציאים מחדש את העלה. אנטוניו רגלדו, אוקטובר 2010

יותר מזון, פחות אנרגיה. מיכאל א' וובר, ינואר 2012.

חיבורי קוונטים כריסטופר ר' מונרו ועמיתים, מאי 2016.

מכונות שלומדות יהושע בנג'יו, יוני 2016.

**scientificamerican.com/magazine/sa**