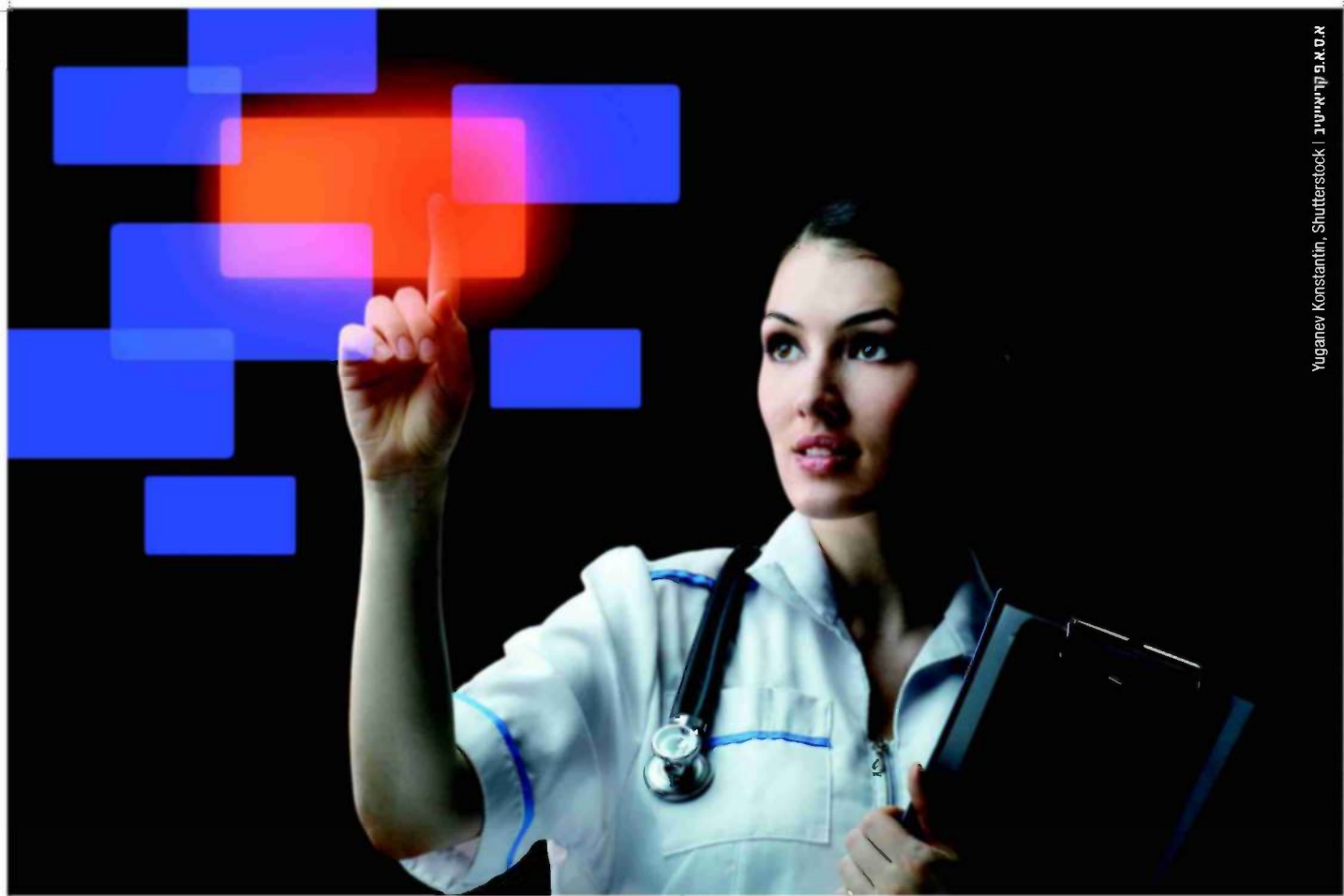


| | | | | | |
|------------------------------|----|---------|---------|------------|------------|
| 20.39x23.59 | 31 | עמוד 68 | גליליאן | 01/01/2012 | 30256722-7 |
| אוניברסיטה בן גוריון - 12440 | | | | | |



הסטטוסקופ של המאה ה-21



Yuganev Konstantin, Shutterstock | י.א.א. קריאטיב

בירושלים וסטאז' בבית החולים סורוקה. חיבתו למתמטיקה ולמדעי המחשב, בנוסף לרפואה, הובילה אותו ללימודי תואר ראשון ושני גם במקצועות אלה, ולתפקיד ראש מדור מחשוב של חיל הרפואה. הצטיינותו בלימודי התואר השני הובילה אותו ללימודי דוקטורט במדעי המחשב באוניברסיטת ייל. אלא שכאן, כשהוא חמוש בתואר ד"ר לרפואה ובתואר שני במתמטיקה ומדעי המחשב התיאורטיים, גילה שחר תחום לימוד נוסף שמשך אותו: בינה מלאכותית ובפרט תת-תחום שלה, רובוטיקה, והוא התמקד בתחום זה באוניברסיטת ייל. בתום לימודיו בחר לשלב בין בינה מלאכותית – המנסה לחקות את החשיבה האנושית באמצעות מחשב, ובין המקצוע

אין זה סוד שבאקדמיה נמצאים מוחות יזמים וחוקרים. לעתים הם מגויסים כיועצים או כשותפים חיצוניים לחברות הזנק, ולעתים – כמו במקרה של חברת ההזנק מדילוגוס (Medilogos): לוגוס הוא ידע ביונית, והכוונה היא לידע רפואי) – הם מייצרים חברת הזנק אקדמית שפניה לשוק העסקי העולמי, חברה המתבססת על מחקרים ארוכי שנים בתחום התמחות ספציפי. יובל שחר (52) הוא פרופסור במחלקה להנדסת מערכות מידע וראש מרכז המחקר למערכות מידע רפואיות באוניברסיטת בן-גוריון שבנגב, אבל במקור הוא רופא ששירת בשנות השבעים כמפקד מרפאה בגולני לאחר לימודי רפואה

| | | | | | |
|------------------------------|----|---------|---------|------------|------------|
| 19.82x23.47 | 32 | עמוד 68 | גליליאן | 01/01/2012 | 30256777-7 |
| אוניברסיטה בן גוריון - 12440 | | | | | |

תוכנת מחשב של חברת מדילוגוס, חברת-בת של אוניברסיטת בן-גוריון, מסייעת לרופאים לעקוב אחר התפתחות מחלות כרוניות בחולים, ולבחור את הליך הטיפול המתאים ביותר למהלך התפתחות המחלה

כרוניות בקרב חולים נשען על בחינת מדדים שונים של בדיקות, לאורך זמן רב, דבר המביא לאוסף גדול של נתונים הנזקקים לעיבוד במטרה לזהות את צורת התפתחות המחלה בחולה המסוים, ובמטרה להציע לו את הליך הטיפול המדויק לשלב ולדרך שבה מתפתחת אצלו המחלה. כדי לזהות למשל ירידה הדרגתית בתפקודי כליה בקרב חולי סוכרת, או פגיעה בתפקודי כבד לאחר השתלת מח עצם בחולים אונקולוגיים, יש צורך לקבל לפחות ארבעה או חמישה מדדים שונים של בדיקות, שצריך לנתח היטב כדי לקבל תמונת מצב מדויקת באשר להתפתחות המחלה, גם כדי לנטר ולטפל בחולה בודד. הדבר נכון עוד יותר אם יש צורך לזהות תבניות תלויות זמן שונות, או קשר ביניהן, המתפתחות לאורך זמן בקבוצת חולים.



פרופ' יובל שחר: מהאקדמיה לשירותי מחשב למען הרופאים המתקדמים והרפואה העתידית צילום: אוניברסיטת בן-גוריון

בשנת 1995 זכה מחקרו של פרופ' שחר בפרס האמריקאי "מענק החוקר הצעיר" שניתן מטעם מכוני הבריאות הלאומיים (NIH) של ארצות-הברית לחוקר מצטיין יחיד. הוא דורג במקום הראשון מתוך קרוב ל-700 מחקרים שניגשו לתחרות וזכה בכ-600 אלף דולר למימון מחקרי המשך בנושא ניתוח נתוני חולים כרוניים. באותה שנה זכה גם במענק מהקרן הלאומית למדע בארצות-הברית (NSF) על הצעתו לנתח בסיסי נתונים תלויי זמן באמצעות ייצוג ידע. במקביל המשיך לפתח את מחקרו באוניברסיטת סטנפורד: "הפכתי את התיאוריה למערכת תוכנה עובדת, שמזהה תבניות בנתונים תלויי זמן. הוספתי לה תוכנה שמאפשרת ויזואליזציה אינטראקטיבית של התוצאות בצורה גרפית, כך שהרופאים קיבלו ניתוח של נתונים גולמיים בתוספת פרשנויות רפואיות מבוססות-ידע של אותם נתונים."

בינה רפואית, בינה מלאכותית

אלא שהרופאים שהתנסו במערכת לא הסתפקו רק בניתוח הנתונים ובפרשנות הנלווית להם, וביקשו לקבל מהתוכנה גם קווים מנחים רפואיים לטיפול. "לכן פיתחתי שפה פורמלית נוספת, שמאפשרת ייצוג במחשב של קווים מנחים רפואיים לטיפול, שבתחומים כגון אונקולוגיה נקראים

הראשון שלו – רפואה. כדרכם של מצטיינים הזומן ללימודי דוקטורט באוניברסיטה יוקרתית נוספת, אוניברסיטת סטנפורד שבקליפורניה, שם למד במחלקתו של המומחה המוביל בעולם לנושא בינה מלאכותית ברפואה, פרופ' אדוארד שורטליף (Shortliffe), שכיהן כראש המחלקה. כאן נזרעו הזרעים הראשונים לחברת מדילוגוס הישראלית שהוקמה לפני שנתיים.

זיהוי תבנית התפתחות מחלות כרוניות

תחת שרביטו של שורטליף, של ראש קבוצת הנדסת הידע הרפואי, פרופ' מרק מיוזן (Musen)

ושל ועדת דוקטורט בין-תחומית, סיים שחר את הדוקטורט שלו בסטנפורד בנושא שיטה חדשה שפיתח לצורך ניתוח נתונים תלויי זמן בכלל וברפואה בפרט. לאחר תקופה קצרה של פוסט-דוקטורט ועבודה כמדען בכיר במחלקתו של שורטליף מונה שחר כפרופסור לרפואה ולמדעי המחשב. אז שכלל את שיטתו החדשה לניתוח נתונים של חולים כרוניים, נתונים המצטברים לאורך זמן, כדי לסכם ולהבין את התפתחות המחלה ולסייע לרופאים באבחון ובטיפול. "במהלך המחקר בדקנו את השיטה על עשרות תחומים, מתהליכי גדילת ילדים, דרך סדרת מחלות כגון סוכרת מסוג 2, לחץ דם גבוה ורעלת היריון, ועד למחלות אונקולוגיות שבהן מתבצע ניתוח של החולים לאחר השתלת מח עצם", מספר שחר. "בהמשך ביצענו עוד פרויקטים שבדקו את השיטה גם בתחומים שאינם רפואיים, כגון פרויקט לבקרת תנועה שבוצע במדריד, אינטגרציה של נתוני מודיעין שנתקבלו ממקורות שונים, זיהוי תוכנות זדוניות ברשתות מחשבים על פי התנהגותן לאורך זמן, ועוד."

שחר היה למומחה עולמי לזיהוי של תבניות-תלויות-זמן תוך כדי שימוש בידע, ובעיבוד של אוסף נתונים גדול על ידי שילוב של נתונים תלויי זמן וידע. "מוח האדם הוא אמנם גמיש ובעל יכולות מדהימות, אבל כשזה מגיע לעיבוד של כמויות גדולות של נתונים בערוצי מידע מקבילים ובפרט לאורך זמן, הוא כושל. זיהוי תבנית התפתחות של מחלות

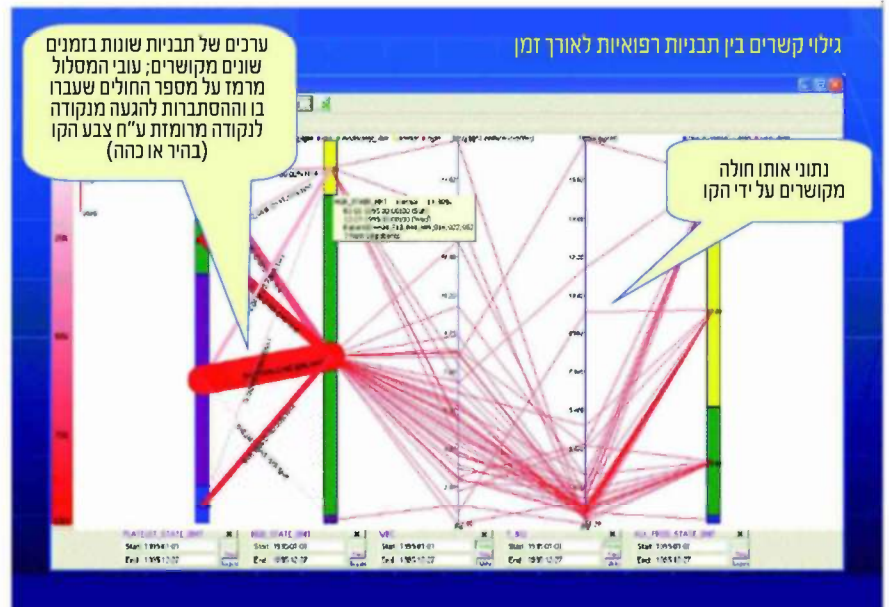
| | | | | | |
|------------------------------|----|---------|---------|------------|------------|
| 20.79x22.18 | 33 | עמוד 68 | גליליאן | 01/01/2012 | 30256781-2 |
| אוניברסיטה בן גוריון - 12440 | | | | | |

"לא, כי זה עדיין משאיר לרופא מקום של בחירה ושיקול דעת ושילוב של ידע קליני ופיזיולוגי נוסף, כללי יותר, שאינו נמצא ברשות המחשב. אני רואה את התוכנה הזו כסוג של סטטוסקופ של המאה ה-21. כפי שבמאה ה-20 רופא לא יעז להציע טיפול לחולה מבלי לבדוק אותו קודם בעזרת סטטוסקופ, כך אני מקווה שבעתיד אף רופא לא יקבל החלטות רפואיות לפני שפעיל לפני כן את התוכנה הזו."

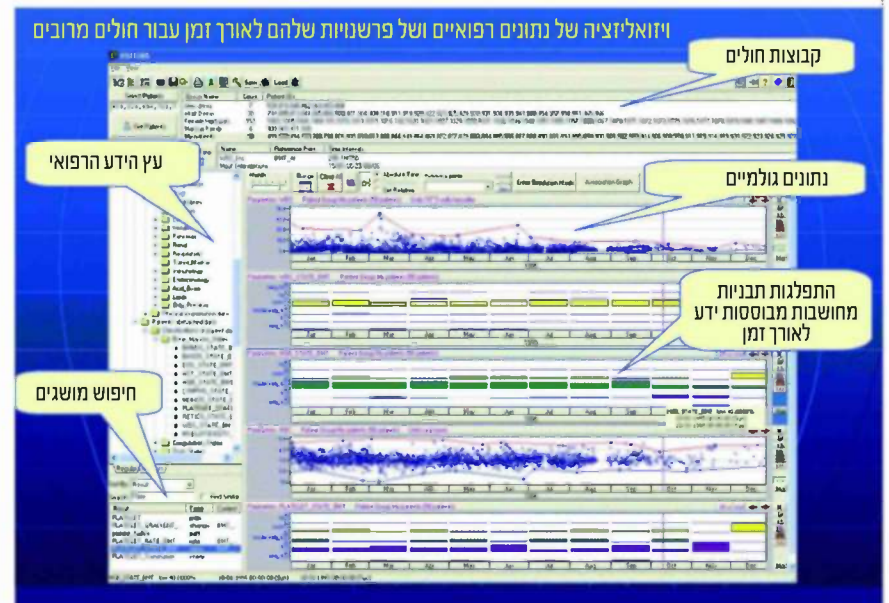
מה מאפשרת התוכנה שפותחה בסטנפורד?
 "היא מאפשרת לזהות תבניות בהתפתחות המחלה על פי ניתוח מדדי הבדיקות לאורך זמן, ובמקביל היא מאפשרת ייצוג אוטומטי של פרוטוקולים מורכבים המאפשרים טיפול בחולים כרוניים לאורך זמן, על פי סטנדרטים מבוססי מחקרים רפואיים, שקובעים כיצד יש לטפל בחולים אלו."

כיצד נעשה החיבור עם אוניברסיטת בן גוריון?

"כשחזרתי ארצה בשנת 2001 הקמתי באוניברסיטת בן-גוריון את מרכז המחקר למערכות מידע רפואיות, שהוא מרכז בין-תחומי ליישומים של טכנולוגיות מידע ברפואה לצורך תמיכת החלטות של אנשי צוות רפואי, סיוע לחוקרים בניתוח נתונים רפואיים ומתן סיוע בקבלת החלטות לחולים. מבצעים בו פרויקטי מחקר סטודנטים מהמחלקה להנדסת מערכות מידע, מהמחלקה למדעי המחשב, מבית הספר לרפואה ואפילו ממחלקות אחרות כגון מדעי ההתנהגות. במהלך עשר השנים שחלפו מאז, פותחו במסגרת מרכז המחקר סדרה של תוכנות מתקדמות שיישמו במלואן את התובנות שקיבלתי בארצות-הברית, כגון כלים גרפיים לייצוג פורמלי של קווים מנחים במחשב, או מנוע להפעלת קווים מנחים רפואיים על רשומת חולה מסוים ומתן המלצות לרופאה או לאחות, באופן



תמונות מסך מהתוכנה שמקדמת חברת מדילוגוס תצלומים: באדיבות פרופ' יובל שחר



גם פרוטוקולים רפואיים, ושמייעצים המלצות מפורטות, תלויות הקשר (גיל, מין, מחלות נוספות וכו') של אגודות רפואיות מקצועיות לטיפול במגוון של מחלות", מסביר שחר. **זה מתחיל להישמע כמו רופא אוטומטי. זה לא מסוכן?**

| | | | | | |
|------------------------------|----|---------|---------|------------|------------|
| 18.17x20.61 | 34 | עמוד 68 | גליליאן | 01/01/2012 | 30256791-3 |
| אוניברסיטה בן גוריון - 12440 | | | | | |

מתי החלטתם להפוך את תוצרי המחקר האקדמי לחברה עסקית?

"לפני כשנתיים. עד אז כל הפעילות בוצעה במסגרת אקדמית, אבל הגענו למסקנה שיש שוק רפואי ענק של חולים כרוניים שאפשר לסייע להם באמצעות התוכנה, ולכן החלטנו לפתח את הפעילות במסגרת חברה עסקית. כך הקמנו את חברת מדילוגוס, כשותפות ביני ובין חברת היישום של אוניברסיטת בן-גוריון, ב.ג. טכנולוגיות."

מי מימן את המחקרים עד כה?

"עד עתה כל המחקרים מומנו על ידי קרנות מחקר ופרויקטים של שיתוף פעולה אקדמי-תעשייתי, כגון מכוני הבריאות הלאומיים של ארצות-הברית (כך היה בעת ביצוע הערכת התוכנות בבית החולים של הצבא האמריקאי), המדען הראשי בארץ, ופרויקטים עם שותפים תעשייתיים כגון חברת דויטשה טלקום מגרמניה, שעמה ביצענו פרויקט לזיהוי תוכנות זדוניות בשיתוף עם פרופ' יובל אלוביץ, מומחה לביטחון מידע מהמחלקה להנדסת מערכות מידע באוניברסיטה. במסגרת האקדמית הוזרמו לנו עד היום כ-12 מיליון דולר לפיתוח תוכנות, אך בשנתיים האחרונות קיבלנו כאמור החלטה אסטרטגית להקמת מדילוגוס כחברת הזנק ולהוצאתה מחוץ לאקדמיה אל השוק העסקי, במטרה להופכה לחברה המובילה בעולם לייצוג ידע רפואי, ואנו פונים בימים אלו לגיוס הון ממשקיעים חיצוניים."

נכון להיום, הטכנולוגיה של חברת מדילוגוס שפותחה במעבדתו של שחר עומדת בלב פרויקט אירופי גדול של ארבע שנים לטיפול בחולים מרחוק ולמתן תמיכת החלטה לרופאיהם, בעזרת מחשב, ובטלפון הנייד של החולים ובתחנות העבודה של הרופאים. פרויקט זה התחיל בנובמבר 2011, בתקציב כולל של כשבעה מיליון אירו ובהשתתפות 13 שותפים מחמש מדינות, וביניהם גם מרכז המחקר של שחר בבן-גוריון, שאחראי על עיקר הטכנולוגיה. בראש הפרויקט עומדת פרופ' מור פלג מהמחלקה למערכות מידע באוניברסיטת חיפה. ❖

שתואם את נתוני החולה; הוקמה ספרייה אלקטרונית לתוכניות טיפול רפואיות, ופותחו כלים לגילוי ידע רפואי חדש ולא רק לזיהוי תבניות רפואיות קיימות."

היכן ביצעתם הערכות לתוכנות שפותחו?

"בשנים אלה בוצעו הערכות שונות של התוכנות במספר מחלקות בבית החולים סורוקה בבאר שבע, בהן גינקולוגיה ומיילדות, בתוך סיוע ניכר של פרופ' איתן לוננפלד ועמיתיו, ובהדסה ירושלים, במחלקה להשתלת מח עצם, בסיוע פרופ' שמעון סלוין. במקביל, במשך ארבע שנים ביצענו הערכה מפורטת של השיטה לניתוח ויזואליזציה של נתוני חולים כרוניים בבית החולים של הצבא האמריקאי בפאלו אלטו שבקליפורניה, שם השתמשו רופאים בתוכנה שלנו כדי לעקוב אחר מהלך המחלה אצל חולים אונקולוגיים לאחר השתלת מח עצם, במטרה לגלות תבניות-תלויות-זמן של מהלך המחלה שמופיעות בפרוטוקולים סטנדרטיים של טיפול ונחוצות לצורך קבלת החלטה על אופן המשך הטיפול. כשהשתמשו בתוכנות, הצליחו הרופאים להגיע ל-93% דיוק בזיהוי התבנית, זאת לעומת 56% דיוק בלבד בקרב רופאים שהשתמשו רק בבסיס נתונים אלקטרוני של רשומות החולים, שהיה מקובל בבית החולים, ללא תמיכה ממוחשבת אחרת (רופאים שהשתמשו ברשומות רפואיות בכתב היו אף פחות מדויקים). יתרה מזו: הרופאים שנעזרו אך ורק בגיליונות אלקטרוניים (רשומות אלקטרוניות) שלא עיבדו את הנתונים כפי שביצעה התוכנה שלנו, או שהשתמשו בגיליונות מודפסים בלבד, נזקקו גם לזמן רב מאוד (ממספר דקות ועד לחצי שעה!) כדי לזהות תבניות מורכבות של התפתחות המחלה שהוגדרו בפרוטוקול, ואילו הזיהוי באמצעות התוכנה, שבוצע למעשה מידית והוצג באופן ויזואלי על ציר הזמן, ארך שניות ספורות בלבד (!); מדובר בחיסכון זמן עצום לרופא ולחולים הממתינים מחוץ לחדר.

"הערכות אחרות התמקדו יותר בתוכנה למתן המלצות רפואיות על סמך מהלך המחלה, כגון אב-טיפוס של מערכת, לאחיות במוקד שמטפל דרך הטלפון בחולים הלוקים באי-ספיקת לב, מתשאל את החולים לפי פרוטוקולים קיימים, ונותן להם המלצות תלויות הקשר על המשך טיפול, כולל שינוי במינון תרופות שונות או הגעה לביקורת, לפי הצורך. המערכת מחליפה את ספר הפרוטוקולים של האחות ומקטינה את הסיכוי לטעות."