

זווית רחבה

מצפה
רמון

הרואים בכוכבים

הרחק מאורות הכרך הבהקים שוכן מצפה הכוכבים של מצפה רמון. המצפה, היחיד הפועל ברציפות בקו אורך זה, מספק מידע לאסטרונומים מרחבי העולם.

מאת: נורית מלכין צילום: אדי גירלד

ב

עבר הלא רחוק יכול היה האדם להביט אל שמי הלילה כמעט מכל מקום על פני היבשות והימים, ועיניו היו פוגשות בכוכבים המאירים – דבר להיתלות בו במרחב המסמל יותר מכל את הבלתי נודע. הכוכבים הללו היו לתרבות האנושית הרבה יותר ממלווים מלאי קסם והשראה. תרבות האדם קשורה בטבורה לגרמי השמים. אולם בשנים האחרונות, כך על פי אטלס חדש לזיהום אור שיצא מטעם המכון למדעי זיהום האור באיטליה (ISTIL), הולך ונסגר מעל ראשם של שני שלישי שים מאוכלוסיית העולם "מסך" המנתק אותם בהדרגה מהיקום הסובב אותם. במקום שמים זרועי כוכבים פוגשות העיניים מסך כחלחל המזכיר במקצת את זוהרו של ירח מלא. אולם אך לשווא יתורו העיניים אחר אורו המלכותי הלבן. מכל כיוון מואר הרקיע באור אחיד וחזק שמקורו בנו בלבד. בשולי המצוקים של מכתש רמון עומד על תלו, מאז תחילת שנות השבעים, מצפה הכוכבים על שם ווייז – מעבדת המחקר של החוג לאסטרונומיה ואסטרופיזיקה באוניברסיטת תל אביב, המשמשת גם אסטרונומים מרחבי העולם.

נשיונל ג'יאוגרפיק • פברואר 2002



בעמודים הקודמים:
 החוקר ערן אופק
 מכוון טלסקופ אישי
 על מרפסת המצפה.
 למעלה: האישי הטכני
 של המצפה, סמי בן גיגי,
 בתחזוקה שוטפת וגירוז
 גלגל השיניים המניע את
 כיפת המצפה המסתובבת.

נשיונל ג'יאוגרפיק • פברואר 2002

בין השאר הוקם המצפה במקום זה בשל מרחקו מאותם אורות הכרך הנוצצים. בחדר העבודה מדגים ד"ר פיטר איבטסון, האחראי על המחשוב במקום, את משמעותו של זיהום האור לגבי העוסקים במלאכת האסטרונומיה. מתוך מאגר התמונות שבמחשב הוא שולף צילום שצולם בעדשה הרחבה במיוחד של מצלמת הקונקם (CONCAM) שהותקנה לאחרונה על מרפסת המצפה. בשולי הצילום הפנורמי שהתקבל מ"עדשת עין הדג" נמתח אזור זוהר. לא, אין מדובר בהתפרצות אור עלומה ברחבי החלל, אלא רק באורות היישוב הסמוך, מצפה רמון, המכריז על קיומו.

עם זאת הלילות כאן עדיין חשוכים מספיק, והמצפה מספק מידע יקר לא רק לחוקרים המקומיים, אלא לכלל הקהילה האסטרונומית. "יש חשיבות גדולה למצפה מודרני מסוג זה הפעיל ברציפות וממוקם בקו האורך שלנו", מסביר ד"ר נח ברוש, מנהל המצפה. "בקו אורך זה אין מצפים אחרים. הקרובים אליו הם מצפה אחד ביוון שלא עובד ברציפות ומצפה במצרים שכבר חמש שנים אינו פעיל. המדינות הבאות ממזרח שבהן ממוקמים מצפים הן אוזבקיסטן והודו."

נראה גם כי אין נוף מתאים יותר למצפה הכוכבים מנוף ירחי זה המלווה אותנו בנסיעה לאורך הכביש הצר המוביל אליו. המצפה המשקיף על הנוף הבראשיתי כמו מעביר את הבאים אליו לפאזה אחרת. המושגים הקוסמולוגיים, טיבם שהם מעוררים שאלות פילוסופיות טורדניות חסרות מענה על מוצא היקום ועל סופו. ואולם העבודה המתנהלת כאן לילה לילה מתנהלת במישורים אחרים. זוהי ממלכת המחשב על ניתר חיו הסטטיסטיים הקרים. חלפו עברו הימים שבהם חקר הכוכבים נעשה דרך עינית הטלסקופ. כיום הטלסקופ הוא כלי "מעברתי" משוכלל למדידת עוצמות אור ותיעוד תמונת הספקטרום שלו, ו"תוצאות מעברדה" מבחינת האסטרונום הן בין השאר אותם צילומי רקיע – משטחים דריממדיים כהים ורועי נקודות בהירות שעין ההריוטות אינה מוצאת סיבה להתעכב עליהם באופן מיוחד. צילומים מרהיבים של ערפיליות וגלקסיות משמשים כאן רק כשומרי המסך במחשב ולקישוט קירות החדר והמסדרון.

בכל לילה ממוקד הטלסקופ, על פי תוכנית ערוכה מראש, על אובייקטים ספציפיים בחלל – בהתאם לעניין ולנושאי המחקר – ובדרך את עוצמת האור הנפלט מהם או את "טביעת" הספקטרום שלו. "הדרך המובהקת והטובה לזהות עצם ולומר בוודאות 'זו ספרנובה, זה כוכב מסוג מסוים, זו גלקסיה כזו או אחרת' היא באמצעות פענוח הספקטרום של האור המגיע אלינו מאותם גופים", מסביר אבישי גליים מהמחלקה לאסטרופיסיקה באוניברסיטת תל אביב. "הספקטרום אוצר בתוכו המון מידע ומשמש ממש 'טביעת אצבע' ייחודית של כל אובייקט. יש אנשים שלא רק יגידו לך איזה סוג של גלקסיה לפנייהם באמצעות הספקטרום, אלא יזהו אותה בשמה."

השוואה בין צילומי רקיע עוקבים שצולמו בהפרשים של ימים, חודשים ושנים מאפשרת לחוקרים לזהות שינויים. נקודת בהירות תמימה שלא נראתה קודם לכן באזור מסוים יכולה להתגלות כסופרנובה או כאסטרואיד שחלף באזור. שינויים ברמת הבהירות של כוכבים יכולים להצביע על שורה של אירועים דרמטיים נוספים המתרחשים במקומות רחוקים האהובים במיוחד על קהילת האסטרונומים.

"היום אוהבים לעסוק דווקא בכוכבים החריגים, המשתנים, אלה שמופיעים ונעלמים; במערכות של כוכבים כפולים ומשולשים ולא בכוכב הסטנדרטי", מוסיף גליים, "אותם כוכבים אלימים, שיש להם התפרצויות שמשחררות הרבה אנרגיה בזמן קצר. אלה הן למעשה מעבדות שניתן לחקור בהן תהליכים פיסיקליים אנרגטיים של טמפרטורות ולחצים מאוד גבוהים, בנוכחות של שדות קרינה חזקים שאינם ננמצא בסביבתנו הקרובה על כדור הארץ. מנצלים את הידע בפיסיקה כדי לדעת מה קורה בסביבה האסטרונומית ומשתמשים בתצפיות האסטרונומיות כדי לבחון תיאוריות פיסיקליות שקשה לברוק במעבדה."

נשיונל ג'יאוגרפיק • פברואר 2002

חלפו הימים שבהם חקר הכוכבים נעשה דרך עינית הטלסקופ.

ישראליים לצפות בזמן אמיתי בתמונות מהמצלמות האחיות בארצות הברית. ההתלהבות מגילוי התרחשויות דרמטיות אינה מוגבלת לאנשי המקצוע. צבא שלם של אסטרונומים חובבים, ציירי סופרנובות ונובות, עושה לילות ממושכים בהתכונות סיופית במאות גלקסיות בתקווה לצוד בעינית הטלסקופ מקור אור שלא נראה קודם לכן. החוקרים אינם רואים בהם סתם תמוהנים. "יש חובב בריטי מאוד פורה, שבזמן האחרון מוצא סופרנובה פעם בשבועיים ומודיע לנו על כך בדואר האלקטרוני, ני, מספר גליים, "ובינתיים התברר שהוא צדק כמעט תמיד."

מה שנראה במבט חובבני ראשון כהתפוצצות עשוי עם שוך ההתלהבות להתגלות דווקא כהתפרצות מחזורית. במחקר המנוהל במצפה על ידי פרופ' אליה ליבוביץ עוקב בים אחר סוגים שונים של כוכבים שבהירותם משתנה במחזוריות. לעתים, כמו במקרה של נובות קלאסיות, השינוי הוא אכן משמעותי במיוחד, והוא נובע לא מכוכב יחיד אלא ממערכת של שני כוכבים קרובים במיוחד. אחד השותפים למערכת, ננס לבן, סופח בהתמדה גז משותפו, עד לנקודה שבה בשל כבידה יתרה של החומר המצטבר על מעטפתו מתרחש בה היתוך גרעיני בלתי מבוקר. במקרה כזה עשויה הבהירות הנראית לעלות פי מיליון בתוך ימים ואחר כך לדעוך בהדרגה במשך חודשים או שנים עד לבהירות המקורית.

כוכבים משתנים מסוג אחר עשויה התמורה בבהירות לנבוע מפעילות פנימית בכוכב, המקבילות אולי למעין רעידות אדמה. אחד הפרויקטים שבהם שותף המצפה הוא הפרויקט הבינלאומי WET (בעברית "טלסקופ חובק עולם"), שהחל בראשית שנות התשעים. פעמיים בשנה, במשך שבוע ככל פעם, מצפים ברחבי העולם משותפים ביניהם פעולה כדי להשיג צפייה רצופה בכוכבים מסוג זה במהלך כל שעות היממה במטרה למדוד את המחזורים השונים של הפעילות. ניתוח השינויים בפעילות מאפשר לא רק



דוגמה לכך היא הסופרנובות, התפוצצויות שעוצמת האנרגיה המשתחררת בהן היא בסדרי גודל של סך אנרגיית השמש בכל ימי חייה. במסגרת אחד הפרויקטים הנערך כיום במצפה מנסים החוקרים לחשב במדויק את קצב התרחשות הסופרנובות בגלקסיה אופיינית, פרמטר שעד היום נהגו רק להעריך. סופרנובות נוגעות בתהליך היצירה ביקום, משום שהן יכולות לעודד לידה של כוכבים חדשים. גל ההלם, שמתפשט בתווך הבינדיקטי ובין ענני הגז שנוצרו כתוצאה מההתפוצצות, דוחס את הכוכבים וגורם להם אי יציבות. בתהליך זה עשויים להיווצר גרעיני יסודות שילכו וייעשו ככדים ובסופו של דבר ייצרו כוכבים חדשים. כמו כן, בזכות ההתפוצצות בסוג מסוים של סופרנובות מועשר היקום ביסודות ככדים, שנוצרו במהלך חייו של הכוכב ואלמי לא כן היו נשארים כלואים בליבתו.

הטלסקופ במצפה רמון (משמאל) מתנשא לגובה של חמישה מטרים לכיוון כיפת המצפה (מימין) אך הוא אינו נמנה עם הגדולים שבטלסקופים. קוטרו הוא רק עשירית מזה של הטלסקופ הגדול בעולם, טלסקופ קק שבהוואי.

במצפה מקווים שמצלמת הקונקם החדשה תוכל לתעד את הסופרנובה הבאה שתתרחש בגלקסיה שלנו. הקונקם, שהותקנה במסגרת פרויקט משותף עם ארצות הברית, היא אחת מארבע מצלמות האחרות מותקנות בהוואי, באריונה ובקליי פורניה. המצלמה, שמופעלת ונשלטת באמצעות רשת האינטרנט על ידי מפתחיה האמריקאים, מצלמת בזמן חשיפה של שלוש דקות בהפרשים של חמש דקות. "אומנם תדירות התרחשות סופרנובות בגלקסיה יחידה היא פעם בכ"15 שנה, "מסביר ברוש, "אולם הפעם האחרונה שבה ידוע לנו שהייתה התרחשות כזו בגלקסיה שלנו הייתה לפני כמה מאות שנים. מכאן שיש סיכוי לא רע שנוכל לצפות בהתרחשות כזו בהקדם". ברוש גם מייחס חשיבות לימודית רבה לפרויקט, שכן הוא מאפשר לסטודנטים

נשיונל ג'יאוגרפיק • פברואר 2002

זווית רחבה



**אחת הסיבות
להקמת מצפה
כוכבים באזור
זה היא השאי-
פה לחשכה
מוחלטת.**

**לילה במצפה. הכוכבים
מציירים קשתות סביב
כוכב הצפון עקב סיבוב
כדור הארץ.**

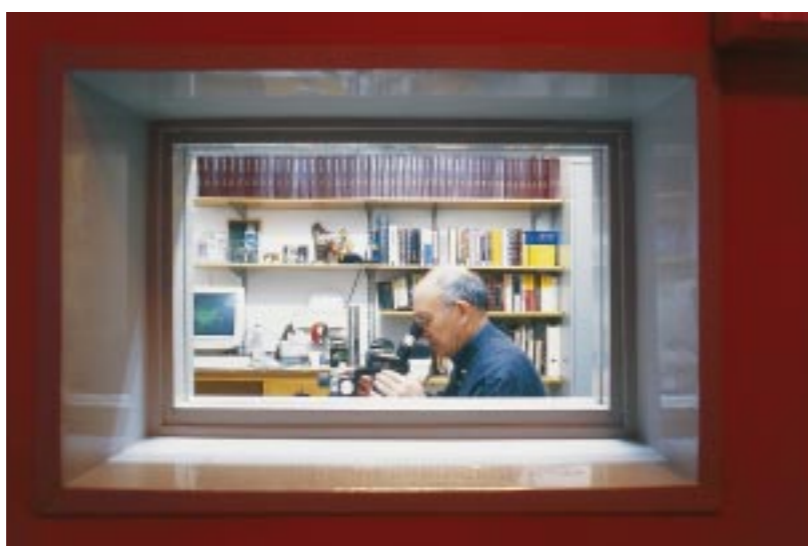
לחשב את מסתו של הכוכב, אלא גם לגלות מאילו חומרים הוא מורכב. הטלסקופ שהותקן במצפה רמון אינו מהגדולים שבטלסקופים – קוטרו הוא רק עשירית מזה של הטלסקופ הגדול בעולם, טלסקופ קק שבהוואי. אולם כאשר אנו נכנסים לחלל המעוגל שבו הוא מאוחסן, מבטינו נישאים אל על. הטלסקופ, שנראה כמעין מיקרוסקופ שהוגדל עשרות מונים, מתנשא לגובה של חמישה מטרים לכיוון כיפת המצפה המעוגלת כקפלה, הצבועה ירוק. שני צירים מאפשרים להניע את הטלסקופ בכל זווית רצויה.

שעות לפני החשכה מושקעת אנרגיה רבה בקירור החלל שבו נמצאים המכשיר הענקי, המצלמה המחוברת אליו ומראת הטלסקופ. המצלמה מותקנת במכל מלא בחנקן נוזלי המאפשר לשמור על טמפרטורה של 90 מעלות מתחת לאפס, בעוד שרוול אוויר כסוף מזרים אוויר קר לאזור המראה. לאלה מצטרפים המזגנים הקבורים עים במקום.

“אילו היינו מאפשרים לאוויר חם להיווצר בתוך החלל הכיפתי, כל לילה, כאשר היינו פותחים את הפתח בכיפה, האוויר החם היה עולה למעלה ורובץ כעננה מעל הטלסקופ, דבר שהיה משבש את חדות מראה הכוכבים, מסביר סמי בן גיגי, האיש הטכני של המצפה מאז תחילת שנות השמונים. בעוד אני תוהה כיצד עושים טיפול עשרת אלפים לטלסקופ, מוביל אותי בן גיגי במדרגות המתעגלות לאורך קיר המצפה מטה ומסב את תשומת לבי לכתמים המעטרים את הרצפה. “פעם בשנה ישנתיים אני עושה כאן ציפוי חדש למראת הטלסקופ. מורידים את המראה דרך פתח הקבוע ברצפה, ובאמצעות חומרים כימיים קשים במיוחד מסירים את הציפוי הקיים. הכתמים מסכיב הם תוצאה של פגיעת אדי החומרים החזקים. אחר כך מוכנסת המראה הקעורה לתא ואקום המצוי בסמוך, ושם מגרפים עליה שכבה דקה של אלומיניום טהור.”

נשיונל ג'יאוגרפיק • פברואר 2002

זווית רחבה



מגמת העבודה מהמחשב הביתי לא פסחה על תחום האסטרונומיה. כיום לכאורה אין צורך להגיע בפועל למצפה. די באדם אחד המאייש את המצפה, והמשתמשים יכולים להתחבר אל הטלסקופ מהבית דרך האינטרנט. כפי שמסביר גליים, "בארצות הברית ובאירופה מפתחים כיום פרויקטים של מה שמכונה 'טלסקופים וירטואליים'. מכיוון שלאורך השנים נצבר כל כך הרבה מידע, לא תמיד יש לך סיבה אמיתית ללכת ולצפות בעצמך. קודם תברוק אם מישוהו אחר כבר צפה בזה. אם תלך לטלסקופ הווירטואלי ותכניס קואורדינטות כאילו היה זה טלסקופ אמיתי, תופיע תמונה. מה אכפת לך אם זה הוכן לך או למישוהו אחר?"

בשביל אלה שאוהבים בכל זאת לחוש בדופק התנועה של הכיפה ולהשגיח מקרוב על העבודה ממוקמת כורסה עמוקה במיוחד בפינת הספרייה שבחדר העבודה. ויש סיבות טובות נוספות לקיומו של מצפה ישראלי. מכיוון שבאסטרונומיה זמן אנושי הוא שבריר זניח, וניסויים דורשים שנות מחקר רבות, ה"תור" לטלסקופים אחרים עלול להיות ארוך מדי ולהניב לילות מחקר מועטים בלבד.

נשיונל ג'יאוגרפיק • פברואר 2002

תמונה עליונה:
החוקר אילן מנוליס
בוחר תמונה של מטאור
ממטר הליאונידים, שזה
עתה נקלטה במערכת.
למעלה: המנהל הטכני
של המצפה, עזרא
משעל, בודק את השעון
המדויק לתזמון אירועים
אסטרונומיים.

**כיום לכאורה
אין צורך
להגיע בפועל
למצפה. המש-
תמשים יכולים
להתחבר אל
הטלסקופ
מהבית דרך
האינטרנט.**

פרויקט דגל הנערך במצפה החל בשנת 1988 עוסק בחקר גרעינים פעילים של גלקי סיות. המחקר מתקיים בניהולו של פרופ' חגי נצר ובשיתוף עם פרופ' דן מעוז, ד"ר שי כספי ושני עמיתים אמריקאיים. מדובר בניסיון למדוד את המסה של חורים שחורים ענקיים באמצעות מעקב מדויק אחר הקרינה הנפלטת בקירבתם. חומר המסתחרר במעין רסקה לפני היבלעו בחור השחור פולט כמות אדירה של קרינה, וזו בתורה מייצרת קרינה משנית כאשר היא פוגעת בענני גז המצויים במרחק מהחור השחור. מדידות משך הזמן שבין הקרינה הראשית למשנית אפשרו לחוקרים לחשב את מסת החור השחור. מתוך יותר מ-30 חורים שחורים שנמדדו בדרך זו עד עתה על ידי חוקרים בעולם הצליחו במצפה לשקול כ-20. הגדול שבהם כבד פי מיליארד מהשמש. הבנת היחס בין מסת החור השחור לכמות הקרינה הנפלטת מסביבתו מסייעת בהבנת תהליך ההיווצרות של חורים שחורים.

פרויקט אחר, הנערך זה כ-12 שנים בראשותו של ד"ר ברוש, מנסה לעמוד על טיבם של תהליכי ההיווצרות של כוכבים בגלקסיות מסוגים שונים. מקצת השאלות שמנסים החוקרים לברר הן באיזה אופן משפיע מבנה הגלקסיה על תהליך היווצרות הכוכבים בה, מהי מידת התרומה של כוכבים קיימים להיווצרותם של כוכבים חדשים בתוך הגלקסיה, ובאילו מידה עשויה להיות לקירבה בין גלקסיות השפעה מדרבנת על התהליך.

כדור השמש הכתום שהאיר את הנוף הסובב את המצפה נמשך אל מתחת לקו האופק, והעבודה במצפה נכנסת להילוך גבוה. יפתח ליפקין, המתכנן לעקוב הלילה אחר כוכב כפול מסוים שהתנהגותו לדבריו אינה מובנת לנו די צורכה, מתרוצץ במהירות בין הטלסקופ ובין המחשב השולט בענק המתכתי. רעש הכיפה המסתובבת מהדהד בחוזקה, כשהמראה הענקית מכוונת אל רקיע הלילה. בפרק זמן קצר במיוחד – בין שקיעת השמש לצאת הכוכבים – צריך לבצע במצפה כמה פעולות כיוול שבהן נמדדת פיסת שמים חשוכה כדי לאפשר בסיס מדידה אחיד בכל הלילה, כלומר לוודא עד כמה אחידה רגישות הפיקסלים לאור, כדי למנוע מצב שבו בהירות יתר בתמונה היא



סמי בן גיגי נשען על שרול אוויר ומביט במשקפת לעבר פתח כיפת המצפה.

נשיונל ג'יאוגרפיק • פברואר 2002

זווית רחבה

תוצאה של רגישות יתר. החמצת הרגעים הספורים שבין היעלמותה המוחלטת של השמש ובין צאת הכוכבים משמעותה עריכת ניסיון נוסף לפנות בוקר, ולא – יורדת עבודת הלילה לטמיון. כמו כן יש לנטרל את הרעש האלקטרוני של המצלמה. משעות אלה האור במצפה מפריע לעבודה. בתוך חלל הטלסקופ החשוך מסתייע ליפקין בפנס אדום בעוצמה נמוכה שאותו הוא עונד על צווארו. בפינת המחשב הממור קמת בצד חלל הטלסקופ פניו מוארות באורם של צג המחשב ונורת שולחן אדומה בעוצמה נמוכה. שקט שורר כעת במצפה, והוא מופרע רק על ידי הקולות המכניים של סיבוב הכיפה. בשל סיבוב כדור הארץ סביב צירו משתנה בהדרגה פיסת השמים שאליה כוון הטלסקופ במקור. כדי למונע מריחה של הנקודות בצילום המתקבל בחשיי פה הממושכת מייצרים תיקון על ידי הזזת הטלסקופ בכיוון התנועה הנראית של הכוכבים (הפוך לתנועת כדור הארץ).

בחדר העבודה במפלס שמתחת לטלסקופ ניתן כבר לראות צילומי טלסקופ ראשוני. על צג המחשב מופיעה תמונה בשחור-לבן. אשליה טמונה בתמונת הכוכבים המתקבלת, שהרי לפי השערות החוקרים, יותר מ-90 אחוזים מהיקום הוא "חומר אפל" שאינו פולט קרינה. כלי המחקר האסטרונומיים, המכוונים לקליטה של גלים אלקטרו מגנטיים בתדרים שונים, מותירים אותו כנעלם ראשי בחקר היקום.

בחויץ אומנם לילה, אך ירח כמעט מלא מאיר את קווי המתאר של המצוקים החדים. הבוק כתום החולף בשמים מפתיע אותנו, כמו מבקש להזכיר שהיופי כאן קרם לטלסקופ. רוח המרבד החזקה והנוף חוצצים ברגע זה בין המקום הזה ובין העולם המוכר. "אני נוטה לחשוב שהכל החל בספינות", אומר גליליאו במחזהו של ברכט על חיי האסטרונום המהולל. הטלסקופ המכוון אל מרחבי זמן ומקום בלתי ידועים עשוי לסמן את היבשות החדשות שאליהן יגיע האדם. בינתיים מאפשרת נוחות העידן שלנו מה שלא התאפשר בעבר – לעשות את מסעות הגילוי הדרמטיים הללו, למרחק מיליארדי שנות אור, בלחיצת כפתור, גם מן הבית.

**בין שקיעת השמש
לצאת הכוכבים
מתבצעות במצפה כמה
פעולות כיול שבהן
נמדדת החשכה כדי
לאפשר בסיס מדידה
אחיד בכל הלילות.**

