



מתמטיקה במצרים העתיקה

אולי בני ישראל לא בנו את הפירמידות במצרים העתיקה, אך המפעל ההנדסי המרשים הזה לא היה מתאפשר ללא מתמטיקה ברמה גבוהה. איך חישבו לפני שהמציאו את המספרים שאנחנו מכירים?



הציוויליזציה המצרית התקיימה כבר לפני יותר מששת אלפים שנה. מאחר שמרבית השטח של מצרים מדברי, רוב האוכלוסייה התרכזה אז (וגם כיום) באזורים הירוקים שסביב הנילוס, ששם אפשר לעבד את האדמה. החקלאים למדו לבנות מערכת השקיה מפותחת, ובעזרת מימיו המתוקים של הנילוס הצליחו לגדל יבול רב. המדבריות המקיפים את מצרים היו מחסום טבעי מפני אויבים ופולשים חיצוניים, והשקט ששרר באזור אפשר לחברה המקומית להתפתח במהירות. בזכות כל אלה תרבות מצרים העתיקה האריכה ימים יותר מכל תרבות עתיקה אחרת.

המתמטיקה של הניהול

רוב האגיפטולוגים (חוקרי מצרים העתיקה) מאמינים שהפירמידות נבנו כקברים מפוארים לפרעונים (שם כללי למלכי מצרים העתיקה), לבני המעמד העליון ולבני משפחותיהם. הן היו חלק מתפיסת העולם הדתית של המצרים, שהאמינו בחיים שאחרי המוות ובצורך לשמר את הגוף באמצעות תהליך חניטה, כהכנה למסע אל העולם הבא.

הפירמידה הגדולה ביותר במצרים נמצאת בעיר גיזה שליד קאהיר, והיא נחשבת אחד משבעת פלאי עולם. בניית הפירמידה דרשה מערכת רחבה של ניהול אדמיניסטרטיבי, ממשלתי וחברתי. ממסמכים עתיקים שנמצאו אפשר ללמוד שאת הפירמידה בנו במשך כשלושים שנה כמאה אלף איש! כל המפעל ההנדסי הזה לא היה יכול

להתקיים ללא מתמטיקה.

האנשים שבנו את הפירמידה לא היו עבדים, כמו שטועים לעיתים לחשוב, אלא בנאים מקצועיים שעבדו תמורת שכר. אליהם התלוו עובדים שסיפקו להם מזון ומים. כל ההתנהלות הזאת הצריכה רישומים מתמטיים שנגעו למשכורות, לעלויות תפעול, וכמובן לבנייה עצמה.

הטריגונומטריה של הבנייה

גובהה המקורי של הפירמידה של גיזה היה 146.6 מטר (כיום, בגלל שחיקה, גובהה 138 מטר "בלבד"), לשם השוואה: גובהה של המגדל הנמוך משלושת המגדלים של מרכז עזריאלי בתל אביב 154 מטר, והוא נבנה בסוף המאה העשרים.

הבסיס של הפירמידה הוא ריבוע שאורך כל צלע שלו 230 מטר - יותר מפי שניים מאורכו של מגרש כדורגל תקני. לפירמידה ארבע פאות חופפות שצורתן משולש שווה שוקיים, הן נטויות בזווית של כ-52 מעלות ביחס לבסיס, ונפגשות בקודקוד הראש שלה.

איך הצליחו המצרים ליצור מבנה כזה ולגרום לקודקודי הראש של ארבע הפאות המשולשות להיפגש בדיוק בנקודה אחת? בשביל זה צריך לדעת טריגונומטריה! טריגונומטריה היא אחד מענפי המתמטיקה העוסק בין השאר בקשר שבין אורכי צלעות במשולש למידות של זוויות (ביוונית: טריגונון = משולש; מטרון = מדידה).

המונח "זווית" התפתח מאוחר יותר, רק בתקופת



(ביוונית: הירוגליפיקה = גילוף מקודש) או כתב החרטומים, על שמם של המכשפים המצרים שנקראו חרטומים.

מערכת הכתב ההירוגליפי מורכבת מתמונות ומסימנים שמספרם הלך וגדל עם השנים, עד שהגיע לכשבע מאות סימנים. בגלל הסגורן הציורי של כתב החרטומים ייחסו לו מסתורין עד שהצליחו לפענח אותו.

הכתיבה בכתב ההירוגליפי נעשתה בחציבה באבן. אלא שחציבה באבן קשה ואיטית, ולכן עם העלייה בצורך לתעד את המסחר ולבצע חישובים מתמטיים החלו המצרים לכתוב בעזרת צמח הקנה על רצועות פפירוס, הלוא הוא הנייר המצרי שיוצר מצמח הגומא שגדל על גדות הנילוס. עם הזמן הכתב ההירוגליפי התפתח לכתב היראטי, ואחרי כן לכתב פשוט אף יותר, כתב דמוטי (ביוונית: דמוטיק = עממי).

יוון העתיקה. אבל המצרים ידעו לחשב את השיפוע של פאות הפירמידה ביחס לבסיס שלה בעזרת שימוש במידע מספרי על הגובה שלה ועל אורך צלע בסיס הפירמידה, והבינו שעליהם לדייק בהטיה של כל אבן ולשמור על יחס שווה בין ההתקדמות האופקית להתקדמות האנכית בכל אבן שהוסיפו לפירמידה. החלק המדהים הוא שהפירמידה נבנתה מכ-2,300,000 אבנים - איזו הקפדה על דיוק מתמטי נדרשה מהמצרים! דרך אגב, משקלה הממוצע של כל אבן הוא כשתיים וחצי טונות. איזה ידע הנדסי נדרש כדי להרים אבנים במשקל כזה! כדי לתעד את כל הדברים הללו, צריך לדעת לכתוב מספרים ולעשות חישובים מתמטיים.

אבל איך כתבו מספרים?

הכתב המצרי התחיל להתפתח כ-3,250 שנים לפני הספירה. הוא ידוע כיום בשם כתב הירוגליפי



שלא לפי הכללים, כמו באיור ב. בשני המקרים ברור שמדובר במספר 375.



איור ב

איור א

למה כותבים בעברית מימין לשמאל?

בשפות השמיות העתיקות, כמו בכתב המצרי והעברי, חצבו תחילה את הכתב באבן. לצורך זה השתמשו הכותבים בפטישים ובאזמלים. בהנחה שמרביתם היו ימניים, את הפטיש הם אחזו ביד ימין, וביד שמאל – את האזמל. נסו לדמיין את עצמכם חוצבים באבן: קל הרבה יותר לעשות את זה כשמתקדמים מימין לשמאל, נכון?

לעומת זאת, כשכותבים בדיו (כמו בכתב הלטיני שהתפתח במאה השביעית לפני הספירה). דווקא עדיף לכתוב משמאל לימין. למה? ראשית, אפשר לראות מה כתבנו (היד לא מסתירה), ושנית, הדיו לא נמרחת. אבל אם אתם שמאליים, בדיוק מהסיבות האלה יש לכם יתרון בכתיבה בעברית...

כתבו את המספר 9,208 ואת המספר 1,000,002 בכתב הירוגליפי. כמה סימנים נחוצים כדי לכתוב את המספרים? האם תוכלו למצוא שני מספרים עוקבים, כך שלצורך כתיבת המספר הקטן מהם בשיטה המצרית יש להשתמש ב-27 סימנים הירוגליפיים, ואילו לצורך כתיבת המספר הגדול משתמשים רק בסימן הירוגליפי אחד?

פרופ' עטרה שריקי עוסקת בחינוך מתמטי יותר מ-35 שנה, כותבת ספרי מתמטיקה לילדים סקרנים, tomorrowkidz.com

עוד על סודותיו של כתב החרטומים במדור "קוד סודי" בעמוד 40.

ואיך כתבו המצרים מספרים? המצרים יצרו סימנים למספרים 1, 10, 100, 1,000, 10,000, 100,000 ו-1,000,000. כלומר המצרים ספרו בבסיס 10, כמו הבסיס שאנחנו סופרים כיום.

מיליון או הרבה	100,000	10,000	1,000	100	10	1

סימני המספרים בכתב הירוגליפי

מימין לשמאל או משמאל לימין?

למרות קווי הדמיון בין בסיס הספירה שלנו לבסיס הספירה שספרו במצרים העתיקה, בכל זאת קיים הבדל ביניהם, והוא קשור לדרך כתיבת המספרים.

כדי לכתוב מספרים, אנחנו משתמשים בעשר ספרות בלבד (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) ומצרפים אותן כך שלכל ספרה יש ערך לפי מקומה במספר. זהו עיקרון ערך המקום. לדוגמה, במספר 375, הערך של הספרה 3 הוא 300, הערך של הספרה 7 הוא 70, והערך של הספרה 5 הוא 5.

המצרים כתבו מספרים בדרך כלל מימין לשמאל, מהמספרים בעלי הערך הגדול ביותר למספרים בעלי הערך הקטן יותר. אבל לא תמיד נשמרה שיטת הכתיבה הזאת, והמשמעות היא שלכל סימן היה ערך מספרי שכלל אינו תלוי במקומו בתוך המספר. כך למשל, כדי לכתוב את המספר 375, נדרשו למצרים 15 סימנים: שלושה סימנים של 100, שבעה סימנים של 10 וחמישה סימנים של 1.

מבחינת המיקום, את המספר 375 למשל אפשר לכתוב לפי הכללים, כמו באיור א, ואפשר לכתוב