



## אלגוריתמים ותכנות בסביבה מקבילית

מרצה: ד"ר עומר ברקמן

### כללי

בהסתמך על התפתחות המחשבים מ-1958, חוק מור (Moore's law) ניבא בשנת 1965 כי מספר הרכיבים על ציפ יגדל באופן אקספוננציאלי. ואכן מאז מספר הטרנזיסטורים על ציפ מוכפל כל שנתיים לערך. חוק מור דיבר אמנם רק על מספר הרכיבים אך הגידול האקפוננציאלי היה תקף גם לפרמטרים אחרים ובראשם מהירות המעבדים. אולם בעוד שמספר הרכיבים ממשיך לעלות באופן אקספוננציאלי גם עתה, מהירות המעבדים כמעט ולא עלתה ב-5 השנים האחרונות בגלל בעיות טכנולוגיות. כדי לפצות על כך החלו יצרני החומרה לשים מספר מעבדים על ציפ במקום מעבד אחד (מה שנקרא Multi-core). תוך כעשר שנים המחשב השולחני שלנו עשוי להכיל עשרות ואולי מאות מעבדים.

כרגע אין שום מודל מוסכם לתכנות של מחשב מקבילי. בניגוד לאלגוריתם סדרתי שניתן בקלות לקמפלו לכל מחשב, המצב בתחום המקבילי שונה לחלוטין. קיימים אלגוריתמים מקביליים לבעיות רבות, אך הם תלויים בטכנולוגיה של מחשב היעד: מעבדים עשויים להיות מחוברים ביניהם בצורות שונות, הם עשויים להיות מחולקים לקבוצות בעלות גישה לזיכרון משותף, וכ"ו. אלגוריתם המתוכנן לטכנולוגיה ספציפית אינו מתאים לטכנולוגיה אחרת. בנוסף לכך גם הדרישה ממתכנן האלגוריתם היא קשה: בנוסף לאתגר פתרון הבעיה הדורש שינוי מוחלט מאופן המחשבה הסדרתית שכולנו מנוסים ואף שבויים בה, הפתרון חייב גם להתאים לטכנולוגיה הספציפית.

בקורס זה נלמד אלגוריתמים מקביליים תוך שימוש במודל שנקרא PRAM או Parallel Random Access Machine. זהו מודל שמניח קיום זיכרון משותף לכל המעבדים והוא למעשה הכללה של RAM (Random Access Machine) - המודל הסדרתי שכולנו משתמשים בו. מודל זה מאפשר לכותב האלגוריתם להתרכז בטיפול בבעיה האלגוריתמית תוך התעלמות מפרטי הטכנולוגיה הספציפית. מודל ה-PRAM היה פופולארי בשנות ה-80 ובתחילת שנות ה-90 וקיים מחקר ענף הכולל בין היתר אלגוריתמים מקביליים למאות בעיות חשובות על מודל זה. אולם מכיוון שלרבים נראה היה שמודל ה-PRAM אינו בר מימוש, הוא כמעט וננטש. הבעיה היא שבשנות נטישה אלו לא נמצא ל-PRAM שום תחליף ראוי.

אחד ה"משוגעים" למודל ה-PRAM (visionary PRAM devotee) הוא פרופ' עוזי וישקין (Prof. Uzi Vishkin) מאוניברסיטת מרילנד בארה"ב הטוען כבר שנים שההפשטה שמספק מודל ה-PRAM היא הכרחית על מנת לאפשר למגוון מתכנתים בכל הרמות לתכנן ולתכנת אלגוריתמים מקביליים. בשנת 1997 החל פרופ' וישקין בפרויקט של בניית מחשב מקבילי שיראה למתכנת כמו PRAM. בשנת 2008 בנו הוא וצוותו מחשב כזה בעל 64 מעבדים (ראו גם <http://www.umiacs.umd.edu/users/vishkin/XMT/index.shtml>). תכנות המחשב מתבצע בשפה שהיא למעשה C ועוד שתי פקודות נוספות המאפשרות תכנות מקבילי. סימולטור למחשב זה (שנבנה גם הוא ע"י קבוצתו של פרופ' וישקין) מאפשר לכל אחד להתנסות בתכנות מקבילי בסביבה דמוית PRAM.

ניתן להוריד את הסימולטור, קומפיילר לשפה, ותיעוד ולהתקין אותם על מחשב ביתי (או נייד). זה מאוד straightforward והתיעוד מצוין. העבודה אז היא תחת חלון Linux. הכלים הותקנו גם במכללה על מחשב ייעודי, וניתן לגשת אליהם גם מהבית.

במסגרת הקורס נלמד אלגוריתמים מקביליים לבעיות שונות במודל ה-PRAM כמו גם טכניקות כלליות: עצים מאוזנים, סכומי רישא, pointer jumping, דרוג רשימה (list ranking), מיזוג, מיון, Euler tour, selection, ואלגוריתמים על עצים וגרפים. למרות הרשימה הארוכה, המטרה העיקרית בקורס היא לפתח את אופן החשיבה המקבילית יותר מאשר אלגוריתם זה או אחר. במסגרת התרגילים נתנסה במימוש אלגוריתמים מקביליים בעזרת הסימולטור.

### מבנה הקורס

הוראה: 2 שעות הרצאה שבועיות שיוקדשו בעיקר לפיתוח טכניקות ואלגוריתמי PRAM. יוקצה זמן מינימלי להצגת סביבת העבודה והסימולטור ולתכנות עצמו והסטודנטים מצופים לעשות את רוב עבודת ההכרות עם הסביבה החדשה בעצמם. מלבד התיעוד המצוין שפותח ע"י צוותו של פרופ' וישקין ניתן להיעזר לשם כך גם בתיעוד קצר בעברית שנמצא באתר הקורס. תרגילים: יינתנו 6-8 תרגילי בית שיכללו גם בעיות תיאורטיות וגם תרגילי תכנות על הסימולטור.

### דרישות קדם

ציון עובר בתכנות מתקדם, חדו"א ובדידה. לימוד קודם או במקביל של מבני נתונים.

### הציון בקורס

עבודות בית שיוגשו במועד יזכו בנקודות אשר יקטינו את חלקה של הבחינה בציון הסופי (למשל: מי שקיבל 15 נקודות על התרגילים, ציון הבחינה יהיה עבורו 85% בלבד). מספר הנקודות המקסימלי שניתן לצבור בתרגילי הבית הוא 15. יש להגיש את התרגילים בזמן.

בסוף הקורס תתקיים בחינה בכתב. הבחינה תיערך בחומר סגור.

### ביבליוגרפיה

- יש חומר קריאה רב שניתן להגיע אליו מהאתר של פרופ' וישקין וצוותו (ההפניה הובאה קודם).
- הספר An Introduction to Parallel Algorithms של Joseph Jaja מתרכז באלגוריתמים מקביליים ל-PRAM ונמצא בספריית המכללה.
- במהדורה הראשונה של הספר Introduction to Algorithms של Cormen, Leiserson, Rivest (קיימים הרבה עותקים בספריה) יש פרק על אלגוריתמים מקביליים. במהדורה השנייה פרק זה כבר אינו מופיע.