

חישוב מקבילי ומבוזר

היקף התוכנית: 156 שעות

· עיוני: 108 שעות

· מעשי: 48 שעות

דרישות קדם

הידע המוקדם הנדרש ללימוד הפרק הוא הכרת מדעי המחשב בהיקף של 5 יחידות לימוד מלימודי התיכון (תכנות מערכות, ארגון מחשב ושפת סף, מבני נתונים ויעילות אלגוריתמים). תלמידים שאין להם ידע מוקדם יצטרכו להשלימו; החומר לא יילמד במסגרת קורס זה.

אוכלוסיית היעד

כיתות י"ד במגמת הנדסת תוכנה.

מטרות הקורס

להרחיב את האופקים במדעי המחשב על ידי היכרות עם חישוב מקבילי ומבוזר ומקומו המרכזי בכל מערכות המחשב.

ללמוד את העקרונות של חישוב מקבילי ומבוזר: מודל השזירה, דרישות תיאום, מנגנוני תיאום, תקשורת, מהימנות.

להתנסות בתכנות לא-דטרמיניסטי.

לפתח חשיבה אנליטית באמצעות פתרון בעיות על ידי ניתוח תסריטים.

משרד החינוך
מנהל מדע וטכנולוגיה
מגמת הנדסת תוכנה

טבלת הפרקים וחלוקת השעות המוצעת

פרקי הלימוד	עיוני	מעשי
1 מבוא	4	-
2 עקרונות החישוב מקבילי	6	3
3 בעיות תיאום: הקטע הקריטי וסמפורים	8	4
4 בעיות תיאום: סדר ביצוע	6	4
5 נכונות של תכניות מקבילות	8	8
6 הלוח והפתקים (לינדה)	6	3
7 אלגוריתמים במערכות מבוזרות	6	3
8 מערכות מהימנות	6	3
9 בעיה מסכמת: הפילוסופים הסועדים	4	2
10 מבוא לאלגוריתמים מקביליים	6	4
11 אלגוריתמים מקביליים	38	10
מבחנים וחזרות	10	4
סך הכול	108	48

סביבת העבודה

מדמה מקביליות.

תוכנה לבניית מחולל תסריטים לאלגוריתמים מבוזרים.

פרק 1: מבוא

· עיוני: 4 שעות

התלמידים ילמדו כי מערכות מחשוב המוכרות בשימוש היומיומי הן מערכות מקביליות ומבוזרות, ויכירו את הרקע ההיסטורי והמוטיבציה לצמיחת התחום הזה. התלמידים ילמדו על כשלים מקביליים הנובעים מאופייה המקבילי של המערכת ושלא היו מוכרים לו במערכות סדרתיות.

פרק 2: עקרונות החישוב המקבילי

· עיוני: 6 שעות

· מעשי: 3 שעות

התלמידים ילמדו את אופן פעולתו של אלגוריתם מקבילי לפי מודל השזירה של פעולות אטומיות. התלמידים ילמדו את המושג תסריט ואיך לבנות תסריטים ולהציגם בטבלאות מעקב. התלמידים ילמדו תחביר של שפת התכנות פסקל מקבילי וכן גם את המשמעות של השמה למשתנים מקומיים וגלובליים ומשפטי בקרה. הם גם יתרגלו הרצת תכניות במדמה המקביליות.

פרק 3: בעיות תיאום: הקטע הקריטי וסמפורים

· עיוני: 8 שעות

· מעשי: 4 שעות

התלמיד ילמדו את המושגים דרישת תיאום, בעיית תיאום, אמצעי תיאום ומנגנון תיאום. בעיית התיאום החשובה ביותר היא בעיית הקטע הקריטי, למשל מניעת שימוש בו-זמני במשאב משותף. התלמידים ילמדו את אמצעי התיאום 'סמפור' המאפשר לחסום ביצוע של תהליך, ואת מנגנון התיאום לפתרון בעיית הקטע הקריטי בעזרת סמפורים.

פרק 4: בעיות תיאום: סדר ביצוע

· עיוני: 6 שעות

· מעשי: 4 שעות

סוג אחר של בעיות תיאום בחישוב מקבילי הן בעיות סדר ביצוע משני סוגים: בעיות פשוטות כגון מיון-מיזוג, כאשר יש למנוע ביצוע תהליך מסוים לפני שתהליכים אחרים מסתיימים; ובעיות של סדר ביצוע הדדי כגון בעיית היצרן-צרכן, כאשר סדרי ביצוע התהליכים תלויים זה בזה. התלמידים ילמדו בעיות אלו ופתרון באמצעות סמפורים, ובהם גם מנגנון התיאום 'סמפור מפוצל'. תלמידים ילמדו את המושג התנהגות מתמשכת.

פרק 5: נכונות של תכניות מקבילות

· עיוני: 8 שעות

· מעשי: 8 שעות

בביצוע של תכניות סדרתיות לכל קלט יש רק פלט אחד. בחישוב מקבילי יכולים להיות פלטים רבים לכל קלט. לתכנית עם התנהגות מתמשכת, המושגים קלט ופלט כלל לא קיימים במובן

משרד החינוך
מנהל מדע וטכנולוגיה
מגמת הנדסת תוכנה

המקובל. התלמידים ילמדו לטעון טענות נכונות של חישובים מקביליים: מעינה הדדית, קיום סדר ביצוע, הרעבה וקיפאון. התלמידים ילמדו לקרוא תרשימי מצב המתארים את כל המצבים האפשריים, ולהשתמש בהם כדי להוכיח טענות נכונות. הוכחה באמצעות שמורות תוצג כדרך חלופית להוכחה. מושגים אחרים שיילמדו הם: הגינות ושזירה הוגנת, ושרירותיות של הסמפור.

פרק 6: הלוח והפתקים (לינדה)

· עיוני: 6 שעות

· מעשי: 3 שעות

חשוב שהתלמידים לא יחשבו שיש רק אמצעי תיאום אחד, הסמפור. במסגרת הקורס הם ילמדו על אמצעי אחר, מתוחכם יותר, הנקרא 'הלוח והפתקים' (Linda). אמצעי זה מאפשר תיאום משולב של ביצוע משפטי התהליך והנתונים המשותפים, לעומת הסמפור המתאם רק את הביצוע. באמצעות 'הלוח והפתקים' התלמידים ילמדו לכתוב אלגוריתמים עם חלוקת עומס דינמי, לפי מבנה של תהליך מנהל ותהליכים פועלים.

פרק 7: אלגוריתמים במערכות מבוזרות

· עיוני: 6 שעות

· מעשי: 3 שעות

כל המודלים של חישוב מקבילי מניחים מערכת מרכזית. בעולם שלנו, מערכות רבות כגון האינטרנט הן מערכות מבוזרות ואמצעי התיאום היחיד הוא שליחת הודעות בין צמתים. התלמידים ילמדו את כללי המשחק של חישוב מבוזר, ואת האלגוריתם של Ricart-Agrawala לפתרון בעיית הקטע הקריטי במודל זה. התרגול במעבדה ייעשה באמצעות תוכנה המאפשרת מעקב בשליטת התלמידים אחרי מצב החישוב של כל הצמתים במערכת המבוזרת.

פרק 8: מערכות מהימנות

· עיוני: 6 שעות

· מעשי: 3 שעות

התלמידים ילמדו על בעיית ההסכמה בזמן כשלים במערכות מבוזרות, הן כשלים של נפילת צומת והן כשלים "ביזנטיים". התלמידים ילמדו אלגוריתמים למערכות מהימנות המסוגלות להגיע להסכמה כאשר יש כשלים כאלה.

פרק 9: בעיה מסכמת: הפילוסופים הסועדים

· עיוני: 4 שעות

· מעשי: 2 שעות

לסיכום, התלמידים ילמד את הבעיה המפורסמת של הפילוסופים הסועדים, ואת פתרונות הבעיה באמצעות מנגנוני התיאום השונים – הן המקביליים והן המבוזרים – כולל הוכחת נכונות של האלגוריתמים השונים.

פרק 10: מבוא לאלגוריתמים מקביליים

· עיוני: 6 שעות

· מעשי: 4 שעות

התלמיד ילמד מספר מודלים מקביליים ותהליכי חישוב מקביליים:

The Shared-Memory Model ,The Network Model, The Work-TimePresentation
Framework of Parallel Algorithms

פרק 11: אלגוריתמים מקביליים (48 שעות)

· עיוני: 38 שעות

· מעשי: 10 שעות

אלגוריתמים וטכניקות:

- Prefix Sums
- Devide and Conquer
- Partition & Merging
- Basic Maximum
- Fast Optimal Maximum
- Basic Coloring & Fast Coloring
- Lists
- The EULER-Tour Technique
- Trees
- Evaluation Of Arithmetic Expressions
- Lowest Common Ancestors and Sorting

- Graphs: Connected Components, Minimum Spanning Trees, Transitive Closure, Shortest Paths

ביבליוגרפיה

ספרי לימוד

1. בן ארי, מרדכי, קוליקנט-בן-דוד, יפעת, חישוב מקבילי ומבוזר רחובות: מכון ויצמן למדע, המחלקה להוראת המדעים, 2000.

2. Jaja, Joseph, *An Introduction to Parallel Algorithms*. Mass.: Addison-Wesley, 1992.

ספרות עזר

1. Andrews, G.R., *Concurrent Programming. Principles and Practice*. Benjamin/ Cummings, 1991.
2. Ben-Ari, M., *Principles of Concurrent and Distributed Programming*. Prentice-Hall International, 1990.
3. Carriero, N., & Gelernter, D., *How to Write Parallel Programs: A First Course*. MIT Press, 1992.
4. Parberry, I., *Parallel Complexity Theory: Research Notes in Theoretical Computer Science*. New York: John Wiley & Sons, 1987.
5. Tannenbaum, Andrew S., *Modern Operating Systems* (2nd edition). New Jersey: Prentice-Hall, 2001.