

**ביה"ס למדעי המחשב**  
**סמסטר א' תשפ"ד**



נושאים מתקדמים במערכות אחסון (לביג-דאטה) (קוד: 181037)			<b>שם הקורס בעברית</b>
Advanced Topics in Storage Systems for Big Data			<b>שם הקורס באנגלית</b>
<b>קורס בחירה</b> 3 נ"ז	<b>תואר שני</b> שיעור-יישומי	<b>תשפ"ד סמסטר א'</b> שלישי 17:15-19:45	
<b>שעת קבלה</b> בתיאום מראש	<b>מייל</b> dalit.naor@mta.ac.il		<b>שם המרצה</b> פרופ' דלית נאור

**פרטי הקורס**

<p>התפוצצות כמות המידע הדיגיטלי – הן הארגוני והן האישי – הינו אחד מהמאפיינים הבולטים של תקופתנו. בעקבותיו מתפתחות טכנולוגיות חדשות ומעניינות המאפשרות שמירת נפחים גדולים של נתונים בעלויות נמוכות ונצילות אנרגטית גבוהה. בנוסף, מהפיכת ה AI המבוססת על מאגרים עתירי מידע מחייבת לא רק שמירה כי אם יכולות עיבוד גבוהות למידע. על מנת לענות על צרכים אלה, התרחש בשני העשורים האחרונים שינוי מהותי באופן שבו מערכות מחשוב ואחסון גדולות (large-scale) נבנות, וזאת בעקבות המהפכה בחישוב מבוסס-ענן ומהפיכת המידע שהביא עולם ה Big data וה-AI.</p> <p>בקורס זה נסקור את העקרונות הבסיסיים של מערכות אחסון (storage) כגון, דיסקים, טייפים, SSD, מערכות קבצים, caching, RAID, ושיטת להקטנת נפחי דאטה (data reduction). נלמד על אחסון מבוצר בענן עבור BigData לדוגמה Object Stores ו-Distributed cloud file systems. נבחן מספר מערכות חדשות שניבנו ע"י חברות הענן הגדולות הנקראות hyper-scale companies על מנת לשמור ולנהל כמויות מידע גדולות. נבין גישות שונות לביזור החישוב, מודלים חדשים לעמידות ואמינות המערכות והמידע ועוד.</p> <p>תחום אחסון המידע הדיגיטלי הינו נושא מאד מרכזי וחשוב בעולם המחשוב, אך כמעט ולא נלמד במערכת האקדמית למרות מורכבותו הטכנית והאלגוריתמית. בארץ בפרט מתרחשים יזמות ועיסוק טכני חסר תקדים בתחום (בין אן בחברות חברות גדולות או בסטרטאפים). מטרת הקורס לגשר בין העולמות ולהכשיר את הסטודנטים בכלים הבסיסיים הנדרשים להבנת מערכות אלה.</p> <p>הקורס מיועד לסטודנטים לתואר שני, אך פתוח לרישום גם לסטודנטים טובים וסקרנים בשנה ג' של התואר הראשון (באישור המרצה).</p>	<b>תקציר בעברית</b>
<p>The "data tsunami", whether personal or legacy, is one of the key characteristics of today's digital era. This has led to the development of new media technologies; this media persistently and efficiently store large amounts of data with low energy utilization.</p> <p>However, storing the data is not enough. Driven by the AI/BigData</p>	<b>תקציר באנגלית</b>

<p>revolution, there is a need to extensively and efficiently analyze the data. To support that, the past two decades have also experienced a significant shift in the way large-scale storage systems are designed, due to cloud computing and big data processing. The “hyper-scale companies” (or “Cloud companies”) which are driven by data, such as Google, Yahoo!, Facebook, LinkedIn, built new storage systems and this led to a paradigm shift in large scale storage systems.</p> <p>In this course, we will review the fundamentals of storage: disks and tapes, SSDs, file systems, caching, RAID, data compression and deduplication. We will then learn about cloud storage: object stores and distributed file systems. We will study various approaches to distributed computing, data resiliency and reliability and how they are incorporated into large-scale storage systems.</p> <p>Storing digital information is critical and complex in today’s computing environments, but receives little attention in computer science academic curriculum. The hi-tech industry in Israel specifically is very vibrant and innovative. The purpose of the course is to bridge the gap between the two worlds, and equip students with tools needed to understand storage systems.</p> <p>This is a Master course, but top and curious third-year undergraduate students are also welcome (please contact the instructor for approval).</p>	
---	--

<p>הקורס מניח ידע בסיסי במערכות הפעלה ומערכות קבצים וכן במערכות תקשורת.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• עבור תלמידי תואר שני, נידרש השלמת הקורסים: מערכות הפעלה, מערכות תקשורת נתונים.</li> <li>• עבור תלמידי תואר ראשון נידרש: לימוד במקביל של מערכות הפעלה ומערכות תקשורת נתונים. מערכות בסיסי נתונים – מומלץ.</li> </ul>	<p><b>דרישות קדם</b></p>
<p>הקורס יתנהל כשיעור פרונטלי של 3 שעות שבועיות ויילוו בשקפים. ההרצאות תינתנה ע"י המרצה אך ייתכנו מספר הרצאות אורח. מצגות הקורס יפורסמו בתום ההרצאה.</p>	<p><b>שיטת ההוראה</b></p>
<p>במהלך הקורס יינתנו מספר תרגילים, התרגילים הם <b>חובה ואישיים</b>. בסיום הקורס תערך בחינה.</p>	<p><b>דרישות הקורס/מטלות</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• תרגילים: 40%</li> <li>• מבחן: 50%</li> <li>• השתתפות בשיעורים ותרומה: 10%</li> </ul>	<p><b>הרכב הציון</b></p>
<p>נוכחות חובה ב-10 מתוך 13 ההרצאות. נוכחות חובה ב-7 מתוך 10 ההרצאות. מגויסים שלא יעמדו בדרישת הנוכחות – יש לפנות למרצה.</p> <p><b>חובת נוכחות בכל הרצאות האורח</b></p> <p>הנוכחות גם ביתר ההרצאות וההשתתפות חשובה ומומלצת מכיוון שאין מקור מסודר שמנגיש את החומר ושעליו ניתן להתבסס למטרות לימוד עצמי.</p>	<p><b>נוכחות</b></p>

**תכנית הקורס - נושאי הלימוד (מעודכן לסמסטר מקוצר של 10 שבועות)**

יתכנו שינויים שיפורסמו בהמשך

1. Data persistence and storage: review of the basic notions of I/O systems, file systems, caching.
2. The basics of traditional storage media: hard drive (disk), tape, RAID
3. Flash-based SSDs
4. Caching
5. Storage for BigData and Cloud Based architectures
  - a. Cloud file systems - DFS, GFS, HDFS
  - b. The Cloud paradigm and Cloud storage: Block/File/Objects
6. Hashing and Bloom Filters for Cloud Caching
7. Distributed storage architectures
  - a. Dynamic Hash Tables (DHT), Consistent Hashing
8. Data Reduction in storage systems: deduplication
9. ~~If time permits:~~
  - a. ~~Efficient data formats~~
  - b. ~~New types of media and implications on the storage system: DNA storage, persistent memory (NVM).~~

רשימת קריאה ומקורות נוספים חלקיים רשות :

**Books**

1. *Operating Systems: Three Easy Pieces*. By Remzi H. Arpaci-Dusseau and Andrea C. Arpaci-Dusseau
2. *Guide to Reliable Distributed Systems: Building High-Assurance Applications and Cloud-Hosted Services*. Kenneth P Birman
3. *Designing Data-Intensive Applications*. Martin Kleppmann

4. *Information Storage and Management: Storing, Managing, and Protecting Digital Information in Classic, Virtualized, and Cloud Environments*, 2nd Edition. EMC Education Services (Editor)

#### Some papers

5. **Cloud File systems.** *The Hadoop Distributed File System (Yahoo!)*, MSST 2010. *The Google File System* (Gobioff), SOSP 2003. *Case Study GFS: Evolution on Fast-forward*, ACM 2009
6. **Chord peer-to-peer and DHT.** *Scalable Peer-to-Peer Lookup Service for Internet Applications*. Ion Stoica, Robert Morris, David Karger, M. Frans Kaashoek, Hari Balakrishnan. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, August 2001
7. **Content Delivery.** *Algorithmic Nuggets in Content Delivery*. Bruce M. Maggs and Ramesh K. Sitaraman. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 2015.
8. **DNA Storage.** *A DNA-Based Archival Storage System*, ASPLOS 2016.