

פרוט המקצועות

הסברים

מקצועות קדם: הם מקצועות שיש ללמוד לפני המקצוע המוצע.

מקצועות צמודים: הם מקצועות שיש ללמוד לפני או יחד עם המקצוע המוצע.

מקצועות דומים:

הם מקצועות בעלי סילבוס דומה למרות שיתכן כי שמות או מספרי המקצועות הם שונים. רק מקצוע אחד מתוך קבוצה של מקצועות דומים יכול להקנות נקודות זכות.

על יד כל מקצוע מוצע רשומים המקצועות הדומים לו. על הסטודנט לשים לב לכך שלא יוכל לזכות בנקודות עבור המקצוע המוצע במידה ולמד מקצוע זה או אחר הדומים לו בהסמכה או במוסמכים.

לא יינתן השנה

מבוא למערכות מבוזרות, תכנות מעל tcp/ip, rpc, תקשורת בקבוצה. מערכות קבצים מבוזרות, תשתיות לתכנות מבוזר: enterprise java, beans, dcom corba, java rmi, reflection, web: מקביליות: סינכרוניזציה, מניעה הדדית deadlock (מרכזי, מבוזר). תהליכונים. טרנזקציות אטומיות (מרכזי, מבוזר). pc, 2pl2. סוכנים ניידים ברשת, תשתיות לקוד נייד.

Will not be given the year

Introduction to Distributed Systems, Programming Over Tcp/Ip, Remote Procedure Call, Group Communication. Distributed File Systems, Distributed Infrastructures: Web, Java Rmi and Reflection, Corba, Dcom, Enterprise Java, Beans. Concurrency: Synchronization, Mutual Exclusion, Deadlock (Centralized and Distributed), Multi-Threaded Programming, Atomic Transactions (Centralized and Distributed), 2Pl and 2Pc Protocols. Mobile Agents and Frameworks.

מטרת הקורס

הקניית בסיס בתכן ובניתוח אלגוריתמים, הכרת נושאים מתקדמים באלגוריתמים, הקניית מושגים בסיסיים בסיבוכיות חישוביות, רדוקציות ובעיות NP.

מקצועות קדם:

044268 – מבוא למבני נתונים ואלגוריתמים ו-
104034 – מבוא להסתברות ח' או,
104222 – תורת ההסתברות או,
094412/094411 – הסתברות מ'

מקצועות דומים:

234246 - אלגוריתמים בתורת הגרפים.
236343 - תורת החישוביות.

סילבוס:

אלגוריתמים מתקדמים בתורת הגרפים: גרפים מכוונים, בעיות זרימה, בעיות כיסוי וצביעה. המחלקות P ו-NP רדוקציות פולינומיות NP-שלמות. תכנות לינארי ודינמי. שיטות אלגוריתמיות מתקדמות נוספות.

סילבוס באנגלית:

Review Advanced graph algorithms: directed graphs, flow networks, cover and coloring problems. Decidability and the Halting problem. The classes p and NP classes polynomial reductions NP-completeness. Dynamic and linear programming Additional advanced algorithmic techniques.

תוצאות למידה:

הכרת אלגוריתמים מתקדמים בגרפים, תכנות לינארי, מושג הרדוקציה בין בעיות ושימושיו, וכן עקרונות בסיסיים בחישוביות וסיבוכיות.

Expected teaching benefits:

Acquaintance with advanced graph algorithms, linear programming, reductions among computational problems, and basic principles of computability and complexity theory.

מקורות:

1. Cormen, T.H., Leiserson, C.E., Rivest, R.L. Introduction to Algorithms. 3rd ed., MIT Press, 2010.
s.n. 2309426 – 3rd ed., 2010.

s.n. 2232918 – 2nd ed., 2001.
s.n. 2099273 – 1st ed., 1990.

2. קורמן, ת. מבוא לאלגוריתמים. האוני' הפתוחה, 2008.
מ.מ. 2299723 – מהד' ב', 2008.
מ.מ. 2196197 – מהד' א', 1998.

3. Sipser, M. Introduction to the Theory of Computation. 2nd ed. Thomson/Course Technology, 2006. s.n. 2270984.
4. Kleinberg, J. Algorithm design. Pearson/Addison-Wesley, 2006.s.n. 2271029

046003	אמינות התקני מוליכים למחצה	א. שאולי	1 נק"ז
--------	-----------------------------------	-----------------	--------

הנושא בשנת תשפ"ג: אמינות התקנים

דרישות קדם:

- 044231 התקנים אלקטרוניים 1 (MOS)

סילבוס בעברית (עד 50 מילים, ניתן להוסיף בנוסף נושאי לימוד)

הכרת מנגנוני כשל בסיסיים של התקנים אלקטרוניים ומעגלים משולבים, הנובעים מתהליך הייצור של ההתקנים המעגל המשולב והשימוש בו. הבנה של סטטיסטיקה לאמינות ושיטות האצת הזדקנות לצורך הבטחת זמן חיים של הרכיב. רכישת מיומנויות בסיסיות של ניתוח נתונים סטטיסטיים הקשורים לתחום האמינות. בקורס נדבר על הגדרות אמינות שונות והסטטיסטיקה המתאימה, כשל עקב נדידה אלקטרוטרמית, נדידה עקב מאמץ, הדרדרות וכשל עקב אלקטרוניים חמים, הדרדרות וכשל עקב הצטברות מטענים, אמינות תחמוצות, אמינות המוצר – מתודולוגית בדיקה וניתוח, אמינות לתעשיית האוטומוביל, תקנים עיקריים. פירוט נוסף נמצא למטה, באנגלית.

מקורות:

- Reliability and Failure of Electronic Materials and Devices, Milton Ohring, Academic Press (1998)
- Reliability Wearout Mechanisms in Advanced CMOS Technology (IEEE Press Series on Microelectronic Systems, Alvin W. Strong et al., John Wiley (2009)
- רשימת מאמרים ופרסומים מדעיים עדכניים

תוצאות למידה:

עם השלמת הקורס בהצלחה הסטודנט יהיה מסוגל:
1. להכיר את מנגנוני הכשל של התקני CMOS

2. את הקשר בין ייצור ההתקן ואופן הפעלת המתחים והזרמים על קצב ההידרדרות

3. לאפיין באופן מלא ולנתח את פרמטרי האמינות של הרכיבים השונים, זאת באמצעות הגדרה ברורה של סט המדידות הנדרש וניתוח תוצאותיהן.

4. ידע מעמיק על האופן בו ניתן לבצע אופטימיזציה לביצועי אמינות ההתקנים העומדים בבסיסו של הרכיב (טרנזיסטורים, קבלים, נגדים ועוד) כדי לקבל את הביצועים הנדרשים, עם דגש על רכיבים לאוטומוטיב

מבנה הציון

תרגילי בית 35%
מבחן 65%

Full Name in English: Reliability of Semiconductor Devices

Short Name in English: Microelectronic Reliability

Syllabus

Detailed overview of reliability failure mechanisms and modeling, from the foundry perspective.
Covered Physical and Environmental FEOL and BEOL qualification, Automotive.

Topic	Topic and content
1	<p>Introduction to Reliability and time degradation</p> <p>Quality and Reliability; The Reliability bathtub</p> <p>Failure in time and the acceleration factors (Temp, Voltage, Currents stress)</p> <p>MTTF (Mean-time-to-Failure), MTBF (Mean-time-between-Failure), FIT (Failure-in-time)</p> <p>Materials and device degradation vs time – modeling, Competing degradation mechanisms,</p> <p>Definition of quality and reliability; Yield vs Reliability; Reliability Scaling,</p> <p>Physical failure mechanisms (Intro): HCI, NBTI, EM, SM, ESD,; Latchup, Soft error</p>
2	<p>EM=Electromigration</p> <p>Introduction-BEOL reliability concerns; Electromigration–definition; Mass motion and flux modeling; Blech length; Void formation; Stress effects</p> <p>EM testing and qualification;</p> <p>Grain Size dependency, Alloys, Barrier metals and other process related performances improvement, N7 and N5 BEOL solutions</p> <p>EM LT as function of Width and length</p> <p>EM under AC vs DC conditions; EM scaling limitations</p>
3	<p>SM = Stress Migration in solid Materials</p> <p>Stress migration, void formation and growth</p> <p>Stress migration modeling w/ and w/o dielectric all—around</p> <p>Physics of stress migration; Nucleation; Activation diffusion volume</p> <p>Resistance change due to voids growth, stress gradients</p> <p>SIV = Stress-Induced-Voids</p> <p>SIV modeling;</p> <p>Layout solution, double via solution; Stacked via sensitivity, effect of misalignment</p> <p>BEOL dielectric cracking</p> <p>SM and SIV qualification</p>
4	<p>HCI=Hot Carrier Injection</p> <p>Carriers' mobility; currents and voltages in MOSFET under operation: V_t, I_d, I_b, I_s, CLM, SCE, DIBL,</p> <p>HCI – mechanism and modeling; DAHC (Drain Avalanche Hot carrier), CHE (Channel hot Electron), SHE (Substrate Hot Electron), others; Lucky Electron Model,</p> <p>Interface charge generation,</p> <p>HCI degradation under worse case conditions in planar MOSFETs and FinFETs,</p> <p>HCI qualification – measurement, analysis and modeling</p> <p>HCI under AC conditions,</p> <p>Process solutions to reduce HCI: DDD, spacer with LDD implant, HALO/Pockets;</p> <p>HCI scaling and integration</p>

5	<p>NBTI=Negative-Bias-Temperature-Instability,</p> <p>Degradation Mechanism and modeling; Interface traps; The Reactive-Diffusion (R-D) degradation model, PBTI;</p> <p>Stress time and degradation saturation; NBTI recovery; Dynamic NBTI</p> <p>Qualification and modeling; NBTI Temperature dependency; NBTI Voltage exponential dependency; Voltage/Field acceleration factor</p> <p>Process dependency; Boron Penetration, ; Oxynitridization, DPN; Fluorine passivation,</p>
6	<p>GOI=Gate Oxide Integrity,</p> <p>GOX scaling, interfaces, Leakage; Tunneling, TAT, Qbd, Vbd; Layout sensitivity;</p> <p>Weibull distribution</p> <p>Charge inside GOX, C-V;</p> <p>Vbd; SBD, HBD,</p> <p>TDDB – physical mechanisms, IBM modeling,</p> <p>Process Enhancement GOI</p> <p>Capacitors reliability, with Oxide-Nitride-Oxide, Nitride, Ta2O5; HKMG (Hf-based); TDDB of FinFETs,</p> <p>TDDB – Qualification and Modeling</p> <p>IMD-TDDB</p>
7	<p>PID=Plasma Induced Damage,</p> <p>The mechanism of PID; Plasma non-uniformity, shading</p> <p>Degradation of dielectric layers during PID</p> <p>Antenna Ratio: traditional definition; Antenna rules, calculations and examples; Limitation of the traditional ratio; Cumulative plasma damage</p> <p>PID dependency on integration flow; PID dependency on Gate oxide;</p> <p>PID stress and measurement methods, PID structures</p> <p>Protection: bridging, protective diode; Well charging, protection</p>
8	<p>Environmental qualification and the foundry responsibility</p> <p>Foundry TQV for platform development; SRAM TEG: structure, scaling, operation, layout</p> <p>Level-2 qualification - Environmental tests</p> <ul style="list-style-type: none"> • Early Life Failure Rate (ELFR) – calculation • Burn-In for screening • Random failures, x-ray soft error, • High-temperature operating life (HTOL) • Biased temperature and humidity (THB, 85/85) • Temperature cycling (TMCL) • Autoclave

9	<p>Qualification; The fables/foundry reliability and qualification “relationship”, The foundry TQV for qualification and WLR in HVM; Reliability characterization; JEDEC JP001 (1, 2, 3) Examples for foundry physical reliability qual plan and results Additional qualification needs (PID, DRV, CA, Cp/Cpk)</p>
10	<p>Reliability for Automotive; IoT, Automotive, connectivity. Examples for different Automotive applications Different qualification requirements for Automotive; Reliability for Automotive; Cumulative failure and life-time The mission profile; AEC-Q100; ZEV, Environmental qualification and Burn-In Quality and Manufacturing for Automotive; Risk management; IATF16949; The Zero-defect program’ Process Control for Automotive’ Continuance Improvement plan’ 8D report, Failure Analysis capabilities DfA – Design-for-Automotive; Devices, rules, Guidelines and DfM’ SPICE modeling – Aging’ IPs, ISO26262’ ASIL, Safety Function’ Trace and tractability</p>
11	<p>ESD=Electrostatics Discharge, ESD and Triboelectric; The (cost) impact of ESD; The level of voltage build-up, examples for failures, ESD Prevention and protection, ESD Modeling; HBM; MM; CDM ESD Protection; example</p>

References

- Reliability and Failure of Electronic Materials and Devices, Milton Ohring, Academic Press (1998)
- Reliability Wearout Mechanisms in Advanced CMOS Technology (IEEE Press Series on Microelectronic Systems, Alvin W. Strong et al., John Wiley (2009)
- Up to date list of papers.

Expected Results

Fulfilling course requirements student is expected to be able to:

1. Understand the different reliability mechanisms in CMOS devices,
2. Understand the dependencies between the process and the stress conditions in the field on the failure rate
3. Fully characterize and analyze the reliability performance and figure of merits of different devices, by careful understanding the different mechanisms and the reliability characterization.

4. Deep understanding of the way the semiconductor devices operates under stress (transistors, capacitors, resistors and more) thus how to optimize them to achieve the needed performance, with emphasize on reliability for automotive

Prerequisites

- 044231 Electron Devices 1 (MOS)

Detailed timetable:

18-Sep'22	1	09:00 ~ 09:50	Course Introduction, Introduction to Reliability and time degradation, (TAF, CAF, VAF), modeling
	2	10:00 ~ 10:50	Physical failure mechanisms: HCI, NBTI, EM, SM, GOI, ESD, others
	3	11:00 ~ 12:00	Electromigration: definition; Mass motion and flux modeling; Blech length; Void formation; Stress effects
	4	12:00 ~ 13:00	Lunch Break
	5	13:00 ~ 13:50	Electromigration - testing and qualification;
	6	14:00 ~ 15:15	Electromigration: Grain Size dependency, Alloys, Barrier metals and other process related performances improvement, N7 and N5 BEOL solutions
	7	15:30 ~ 17:00	Electromigration: LT as function of Width and length, AC vs DC conditions; EM scaling limitations. Stress Migration: Introduction
	8	17:10 ~ 18:00	Stress Migration: void formation and growth; SIV modeling; Layout solution, double via solution; Stacked via sensitivity, effect of misalignment

19-Sep'22	1	09:00 ~ 09:50	Hot-Carrier-Injection: mechanism and modeling; DAHC (Drain Avalanche Hot carrier), CHE (Channel hot Electron), SHE (Substrate Hot Electron), others; Lucky Electron Model,
	2	10:00 ~ 10:50	HCI: HCI degradation under worse case conditions in planar MOSFETs and FinFETs, qualification – measurement, analysis and modeling, Process solutions to reduce HCI: DDD, spacer with LDD implant, HALO/Pockets; Aging
	3	11:00 ~ 12:00	Negative-Bias-Temperature-Instability: Degradation Mechanism and modeling; Interface traps; The Reactive-Diffusion (R-D) degradation model, PBTI;
	4	12:00 ~ 13:00	Lunch Break
	5	13:00 ~ 13:50	NBTI: Stress time and degradation saturation; NBTI recovery; Dynamic NBTI; Qualification and modeling; Process dependency; Boron Penetration, ; Oxynitridization, DPN; Fluorine passivation,
	6	14:00 ~ 15:15	Gate Oxide Integrity: GOX scaling, interfaces, Leakage; Tunneling, TAT, Qbd, Vbd,; Layout sensitivity;
	7	15:30 ~ 17:00	GOI: Weibull distribution; Charge inside GOX, C-V; TDDB – physical mechanisms, IBM modeling,
	8	17:10 ~ 18:00	GOI / Tirgol

20-Sep'22	1	09:00 ~ 09:50	GOI: Process Enhancement GOI; Oxide-Nitride-Oxide, Nitride, Ta2O5; HKMG (Hf-based);
	2	10:00 ~ 10:50	GOI: TDDB of FinFETs, TDDB – Qualification and Modeling, IMD-TDDB
	3	11:00 ~ 12:00	Plasma Induced Damage: The mechanism of PID; Plasma non-uniformity, shading, Antenna Ratio: traditional definition; Antenna rules, calculations and examples; Limitation of the traditional ratio; Cumulative plasma damage; Protection: bridging, protective diode; Well charging, protection
	4	12:00 ~ 13:00	Lunch Break
	5	13:00 ~ 13:50	Technology qualification: TEG, TQV, ELFR, Burn-In, HTOL, THB, 85/85
	6	14:00 ~ 15:15	Technology qualification: TMCL, JEDEC JP001
	7	15:30 ~ 17:00	Automotive: Reliability, AEC-Q100, ZEV1, Mission Profile, Quality, IARF16949, DFA, IPs, ISO 26262

The Lecturer:

Dr. Eitan Shauly, Tower Semiconductor

Bio:

Eitan N. Shauly received the B.Sc. degree in materials engineering from Ben-Gurion University, Beer-Sheva, Israel, in 1989, and M.Sc. and Ph.D. degrees in materials engineering from the Technion — Institute of Technology, Haifa, in 1995 and 2001, respectively. He has worked for Tower Semiconductor since 1989. During 1989–1994 he was a diffusion and ion implantation engineer. During 1994–1997 he was a device/Integration engineer, focusing on process integration and process modeling. Since 1998 he is doing integration, focusing on platform development, design rules, Design-for-Manufacturing and Automotive. Dr. Shauly is also teaching at the faculty of Material Engineering, Technion Haifa, courses related to VLSI technology: “VLSI processing” and “CMOS Devices and Integration”.

Teaching Assistant: TBD.

2 ה' (2 נקודות)	<u>נושא מיוחד 2</u>	046004
-----------------	----------------------------	---------------

לא יינתן השנה

מטרת הקורס היא חשיפת סטודנטים לתחום מחקרי מתקדם שאינו מכוסה ע"י חברי הסגל בפקולטה. הוא יוצע בדרך כלל בחודשי הקיץ ויינתן ע"י מומחה אורח. יתכן שהקורס יהיה מרוכז ויכלול 28 שעות הרצאה ברצף של שבועיים. על נושא הקורס ומועדו יפרסמו בהתאם לצורך ולזמינות המרצה המתאים.

Will not be given the year

The Objective of This Course Is to Train Students in Variety of Topics Which Are Not Regularly Taught at the Faculty. the Course Will Typically Be Offered During the Summer, Taught by a Guest Expert. the Course May Be Given in An Intensive Format, Consisting of 28 Lecture Hours Within Two Weeks. Specific Course Topics and Dates Will Be Published According to Availability of the Appropriate Teachers.

2 ה', 1 ת' (3 נקודות)	<u>י. קסוטו/א. אורדע</u>	<u>רשתות מחשבים ואינטרנט 2</u>	046005
-----------------------	---------------------------------	---------------------------------------	---------------

דרישות קדם: 044334 או 236334- מבוא לרשתות מחשבים
מקצוע זהה: 236341- תקשורת באינטרנט

סילבוס בעברית:

קורס המשך ברשתות. גישה מעלה-מטה. שכבת הייסוס: עקרונות, Web and HTTP, DNS, יישומי P2P ושרת-לקוח. שכבת ההובלה: UDP, TCP, בקרת זרימה, בקרת צפיפות ב-TCP. שכבת הרשת: קווים וירטואליים, IP, כתובות IPv4, ניתוב: עקרונות ואלגוריתמים, PI, PIF, Link State, Bellman- Ford – Distance Vector, ניתוב אופטימלי, ניתוב באינטרנט, BGP, OSPF.

English syllabus:

Advanced course in computer networks and internet. Application layer: principles, DNS, HTTP and WEB, P2P and client-server applications. Transport layer: TCP, UDP, flow control, congestion control. Network layer: Virtual LANs, IP, IPv4 addressing. Routing: principles and

תוצאות למידה :

הנושאים הנלמדים בקורס מכוונים לשתי מטרות עיקריות :

- 1) הקניית עקרונות של השכבות העליונות ברשת האינטרנט (שכבות אפליקציה, ההובלה והרשת). העקרונות כוללים פרוטוקולים ואלגוריתמים, וכלי ניתוח ביצועים מתורת התורים, תורת האופטימיזציה ותורת הגפים.
- 2) הכרת עקרונות של ניתוב ובקרת זרימה מנקודת מבט תאורטית ומההיבט המעשי (פרוטוקולים ברשת האינטרנט). בסיום מוצלח של הקורס הסטודנט יכיר היטב עקונות כני"ל וכן פרוטוקולים כני"ל ברשת האינטרנט ויהיה מצויד בכלים בסיסיים הדרושים לפיתוח פרוטוקולים ואפליקציות ברשתות תקשורת בכלל ובאינטרנט בפרט.

Learning products:

This course includes two goals:

- 1) Acquire the principles of the upper network layers (application, transport and network). The principles include protocols, algorithms, performance analysis tools which are based on queuing, optimization and graph theories.
- 2) Knowledge of routing principles and flow-control from both theoretical and practical point-of-view.

At the end of the course, the student will have sufficient knowledge on the aforementioned principles and protocols in the Internet. The student will acquire the basic required tools for developing protocols and applications for computer networks in general, and for Internet in particular.

הערות:

- 1) בשל קיצור הסמסטר ל-13 שבועות יצומצם הנושא של תיאור אלגוריתמי ניתוב ברשת האינטרנט, ויתרכז באלגוריתמים הנפוצים יותר כיום (OSPF, BGP).
- 2) אין שינוי בדרישות הקדם.

מקורות:

J.F Kurose & Keith.W. Ross, Computer Networking, A Top-Down Approach, Pearson 2010

046006	<u>שם הקורס : קורס מתקדם בנושא מיוחד 3</u>	<u>ע. כהן</u>	2 ה', 1 ת' (3 נקודות)
--------	--	---------------	--------------------------

נושא הקורס בשנת תשפ"ג: RFIC עבור מערכות תקשורת

דרישות קדם:

- 044147 - מעגלים אלקטרוניים
046903 - מעגלים משולבים CMOS בתדר רדיו (מומלץ לא חובה)

סילבוס :

ניתוח ואפיון של מעגלי RF למערכות תקשורת, עם דגש על יישום מונוליטי ב-CMOS עם תגובה לא-ליניארית. נושאי הקורס: ארכיטקטורות משדר ומקלט, אפננים אנלוגיים ודיגיטליים, מערבלים בתדר רדיו, מזיזי פזה, מתנדנים מבוקרים-מתח ושיקולי רעש, סינתיסיזרים ורכיבים מתקדמים אחרים למעגלי תקשורת. הקורס יכול מעבדות שנועדו לחזק את המושגים מכיתה עם דוגמאות בפועל. פרויקט - יכול לערב סקר ספרות ועיצוב של אבן בניין RF (PLL, מיקסר / מגבר הספק, LNA / מיקסר, וכו'). סימולציות המעגלים יבוצעו על ידי מחשב בעיקר עם כלי ADS ו-Virtuoso.

Syllabus:

Analysis and design of RF circuits and systems for communication, with an emphasis on CMOS monolithic implementation for which nonlinear response must be included. Transceiver architectures, analog and digital modulators, phase shifters, radio-frequency mixers, voltage-controlled oscillators

and noise considerations, frequency synthesizers and other advanced components for telecommunication circuits.

The course includes labs that are designed to strengthen concepts from class with actual examples.

Project - can involve literature survey and design of a RF building block (PLL, mixer/PA, LNA/mixer, etc).

Circuit designs will be simulated by computer tools as ADS and Virtuoso.

תוצאות למידה: הקורס יעשיר את הידע בתחום מעגלי RF למערכות תקשורת ובמיוחד את הניתוח וההבנה של האלמנטים הלא ליניאריים. הסטודנט ירכוש יכולת מעשית לתכנן מערכת תקשורת מתוך תרגילי הסימולציה והפרויקטים שיינתנו במהלך הקורס.

Learning Outcomes: The course will enrich the knowledge in the field of RF circuits for communication systems, especially the analysis and understanding of non-linear elements. The student will acquire the ability to design practical communication system based on simulation exercises and projects that will be given during the course.

מקורות:

1. Behzad Razavi, RF microelectronics, 2nd Edition, Pearson Education, Inc., 2012.
2. T. H. Lee, The design of CMOS Radio Frequency integrated circuits, 2nd Ed. Cambridge, 2004.
3. A.M. Niknejad, Electromagnetics for high speed and digital communication circuits, Cambridge, 2007.
4. Ellinger, F. Radio Frequency Integrated Circuits And Technologies. 2nd ed. Springer, 2008.
5. Davis, W. A., Agarwal, K. Radio Frequency Circuit Design. Wiley, 2001.

046012	מבוא לרכיבים וחומרים אורגניים	נ.טסלר	2 ה', 1 ת' (3 נקודות)
--------	--------------------------------------	---------------	--------------------------

מקצועות קדם:

046241 – מכניקה קוונטית + (124114 יסודות הכימיה או 125001 כימיה כללית) + (044127 יסודות התקני מלי"מ או 315030 תכונות חומרים אלקטרוניים).
אנ 124408 – תורת הקוונטים ויישומיה בכימיה + (044127 יסודות התקני מלי"מ או 315030 תכונות חומרים אלקטרוניים).
אנ 044125 – יסודות התקני מלי"מ + (125001 כימיה כללית או 124408 תורת הקוונטים ויישומיה בכימיה)

מקצוע דומה:

049012 – רכיבים אופטואלקטרוניים אורגניים

תפעול ומבנה של התקנים המבוססים על חומרים אורגניים (כגון: דיודות פולטות אור, טרנזיסטורים, גלאים ולייזרים). מבנה ותכונות של חומרים אורגניים. עירורים אופטיים (אקסיטונים) וחשמליים. מנגנוני העברת אנרגיה ומנגנוני הולכה.

מקורות:

1. Turro, N.J. Modern Molecular Photochemistry. Univ. Science Books, 1991. s.n. 2212512.
2. Pope, M., Swenberg, C.E. Electronic Processes in Organic Crystals and Polymers. 2nd ed. Oxford Univ. Press, 1999. s.n. 2214720.
3. Lampert, M.A., Mark, P. Current Injection in Solids. Academic Press, 1970. s.n. 2074375.

046021	רשתות תורים		2 ה', 1 ת' (3 נקודות)
--------	--------------------	--	--------------------------

לא יינתן השנה

ניתוח תור 1 m/m/הילוך שיכור, פקטוריזציה וינר- הופף, 1 m/g/1, g/m/ונוסחת פולצ'ק- חניצ'ין. רשתות תורים רברסיביליות ורברסיביליות למחצה. רשתות ג'קסון. רשתות קלי. חוק המספרים הגדולים הפונקציונלי ומשפט הגבול המרכזי הפונקציונלי. העתקת סקורוחוד חד מימדית. העתקות סקורוחוד רב מימדיות ושימושיהן במידול. קרובי נוזלים וקירובי דיפוזיה ל 1 g/g/m/מקסימום מחזור פעילות. התנהגות הזנב. התנהגות תחת התניה להגיע לרמה נתונה. קירובי דיפוזיה לרשתות ג'קסון מוכללות. אסימפטוטיות סטיות גדולות. קצב התכנסות לשווי משקל.

Will not be given the year

Analysis of the M/M/1 Queue. Random Walk, Wiener-Hopf Factorization, G/M/1, M/G/1 and the Pollaczek-Khintchine Formula. Reversible and Quasi- Reversible Queueing Networks. Jackson Networks. Kelly Networks. Functional Law of Large Numbers and Functional Central Limit Theorem. the One- Dimensional Skorohod Map. the Multidimensional Skorohod Map and Its Uses in Modeling. Fluid and Diffusion Approximation for the G/G/1 Queue. Maximum of a Busy Period. Tail Behavior. Behavior Under Conditioning to Reach a Given Level. Diffusion Approximations for Generalized Jackson Networks. Large Deviation Asymptotics. Rate of Convergence to Equilibrium.

2 ה' + תר' (3 נקודות)	רשתות עצביות ביולוגיות – חישוביות עיבוד מידע ולמידה	046041
-----------------------	--	---------------

לא יינתן השנה

נושאים: מערכת העצבים. תא עצב בודד ותקשורת סינפטית. מודלים ממושטים של תאי-עצב. מודלים מתמטיים לאוכלוסיות של תאים. קידוד עצבי. פענוח מידע עצבי. זיכרון, למידה ופלטטיות

Will not be given the year

Topics: the Nervous System. Neurons and Synaptic Transmission. Simplified Models for Single Neurons. Mathematical Models for Populations of Neurons. Neural Encoding. Neural Decoding. Memory.

2 ה' + תר' (3 נקודות)	י. לברון	מבוא למערכות הספק ורשת חכמה	046042
-----------------------	-----------------	------------------------------------	---------------

דרישות קדם:

044130 – אותות ומערכות

מקצועות ללא זיכוי נוסף:

044195- מבוא למערכות הספק ורשת חכמה

סילבוס:

סקירת מבנה רשת ההספק, מקורות אנרגיה ומקורות מתחדשים. מושגי יסוד במערכות הספק, שנאים, גנרטור סינכרוני, חיבור מקבילי ולרשת קשיחה. קווי תמסורת זרימת ההספק במצב המתמיד בקרת הספק, תדר, מתח הספק עיוור, היבטים כלכליים, מבוא לרשת חכמה.

שם באנגלית:

INTRODUCTION TO ELECTRIC POWER SYSTEMS and SMART GRIDS

Syllabus

THE COURSE PROVIDES AN INTRODUCTION TO ELECTRIC POWER SYSTEMS, SMART GRIDS AND RENEWABLE ENERGY SOURCES.

THE TOPICS ARE THREE-PHASE CIRCUIT TRANSFORMERS, SYNCHRONOUS GENERATORS, TRANSMISSION LINES, PHOTOVOLTAIC SOURCES, INTRODUCTION TO POWER ELECTRONICS, POWER FLOW ALGORITHMS, ECONOMIC OPERATION, AND AN INTRODUCTION TO POWER SYSTEM DYNAMICS

046052	<u>אופטו-אלקטרוניקה קוואנטית</u>	<u>א. בוקס</u>	2 ה' + 1 תר"י (3 נקודות)
--------	----------------------------------	----------------	-----------------------------

דרישות קדם:

115203 - פיסיקה קוונטית 1

או 046241 – מכניקה קוונטית

מקצועות ללא זיכוי נוסף:

124400 - כימיה קוונטית 1

124408 - תורת הקוונטים ויישומיה בכימיה

127412 - כימיה קוונטית 3

115204 - פיסיקה קוונטית 2

מקצועות זהים:

048848 - נושאים מתקדמים באלקטרו-אופטיקה 1

049052 - אופטו-אלקטרוניקה קוואנטית

תורת ההפרעות התלויה בזמן, תורת הפיזורים, קירוב wkb, אינטגרלי מסלול, קירוב אדיאבטי, שדה אלקטרומגנטי קוואנטי, חלקיקים זהים, אינטראקציה בין אור לחומר, מערכות פתוחות ומידע קוואנטי.

מקורות:

1. N. W. Ashcroft and D. Mermin, Solid State Physics, New York: Holt, Rinehart and Winston, 1976
2. C. Kittel, Introduction to Solid state physics, Wiley, 2005

046055	<u>ננו-פוטוניקה ומטא-חומרים אופטיים</u>	<u>ג. ברטל</u>	2 ה', 1 ת"י (3 נקודות)
--------	---	----------------	---------------------------

שם עברי מקוצר: ננו-פוטוניקה

דרישות קדם: 044148

מקצועות ללא זיכוי נוסף: 036070, 049055

סילבוס בעברית

משוואות מקסוול בחומר; דיספרסיה, רזוננסים בחומר ויחסי קרמרס-קרונינג; גלים דועכים; הרזוננס הפלזמוני, פלזמונים משטחיים ומהודים\מוליכי גלים פלזמוניים; מבוא לפוטוניקה משולבת; ננו-מבנים אופטיים מחזוריים ומבוא להנדסה של מטא-חומרים: קירוב התווך האפקטיבי, מקדם השבירה השלילי ו"העדשה המושלמת"; סופר-רזולוציה ונוסקופיה; אופטיקה טרנספורמטיבית עם מטא-חומרים (אי-נראות).

מקורות:

- Wenshan Cai & Vladimir Shalaev, Optical Metamaterials: Fundamentals and Applications (Chapters 6,8-9), Springer, 2009
- Stefan A. Maier, Plasmonics: Fundamentals and Applications (Chapters 1-3), Springer, 2007
- Grahm T. Reed, Silicon Photonics: State of the Art (Chapters 4,7), Wiley, 2008
- Lukas Novotny & Bert Hecht, Principles of Nano-Optics, Cambridge University Press, 2006

תוצאות למידה:

- הסטודנטים ילמדו את עקרונות התכנון של התקנים ננו-פוטוניים לחישה, דימות, תקשורת ועוד. בכלל זה:
- 1) הסטודנטים יכירו את התכונות האלקטרומגנטיות הנדרשות מחומרים לטובת יצירת התקנים ננו-פוטוניים, וילמדו כיצד להנדס תכונות אלו.
 - 2) הסטודנטים יכירו תופעות אלקטרומגנטיות ייחודיות לננופוטוניקה (כגון פלזמונים משטחיים).

הסטודנטים יכירו שימושים נוכחיים ועתידיים להתקנים ננו-פוטוניים.

הרכב הציון: הציון ייקבע לפי ציוני מעקב ובחינה סופית

שם הקורס באנגלית: Nano-photonics and optical metamaterials

English syllabus:

Maxwell's equations in matter; dispersion, material resonance and Kramers-Kronig relations; evanescent waves; the plasmonic resonance, surface plasmons and plasmonic resonators\waveguides; introduction to integrated photonics; periodic optical nanostructures and introduction to metamaterial engineering: effective medium approximation, negative refractive index and "The Perfect Lens"; super-resolution and nanoscopy; transformation optics with metamaterials (cloaking).

Learning Outcomes:

The students will learn the design principles of nano-photonic devices for sensing, imaging, communications etc. In this respect, the students will be acquainted with:

- 1) The electromagnetic traits of materials, required for nano-photonic devices, and how to engineer them.
- 2) Unique electromagnetic phenomena in nano-photonics (such as surface plasmons).
- 3) Current and future uses for nano-photonic devices.

2 ה' +1 תר' (3 נקודות)	<u>פיסיקה של מצב מוצק ח'</u>	046129
---------------------------	-------------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

תאוריית דרודה למתכות. תאוריית סומרפלד למתכות. סריגי גביש. הסריג ההופכי. דיפרקציית קרני x. רמות אלקטרוניות בפוטנציאל מחזורי. המודל הסמי קלאסי לדינמיקת אלקטרונים. מוליכים למחצה הומוגניים. תאוריה קלאסית של הסריג ההרמוני. תאוריה קוונטית של הסריג ההרמוני. ניידות ותהליכי פיזור של אלקטרונים.

Will not be given the year

The Drude Theory of Metal. the Sommerfeld Theory of Metals. Crystal Lattices. the Reciprocal Lattice. X-Ray Diffraction. Electron Levels in Periodic Potential. the Semiclassical Model of Electron Dynamics. Homogeneous Semiconductors. Classical Theory of the Harmonic Crystal. Quantum Theory of the Harmonic Crystal. Mobility and Electron Scattering Processes.

2 ה', 1 ת' (3 נקודות)	<u>ר. אלבחר</u>	<u>תכן מעגלים אנלוגיים</u>	046187
--------------------------	------------------------	-----------------------------------	---------------

מקצוע קדם: 044142.

מקצוע צמוד: 044202.

נושאי הלימוד:

תכנון מעגלים: שיטת תכנון ע"פ העקרון של אי-תאום אימפדנסים. מגברים רחבי סרט. טכניקה של "הזנת קדימה" (feed forward) להרחבת רוחב הסרט. רעש בדיודות, טרנזיסטורים ומגברים. תכן מגברי קדם לרעש נמוך. תאים סטנדרטיים ב-VLSI.

משוב: השיטה הטופולוגית לניתוח מגברי משוב. אחידות חוקי משוב מקבילי וטורי, תוך נצול הדואליות הקיימת ביניהם. הגדרת הרגישות של מגבר להפרעות חיצוניות והשימוש במשוב לשם הקטנת הקטנת ה- CMRR (Common Mode Rejection Ratio) של מגברי הפרש, ע"י משוב. תכנון מגברי משוב לתגובה מונוטונית בנוכחות השהיה בעניבה, תוך שימוש בשיטת root-locus. הגדרת המושג "משוב מדגיש" והשלכותיו על תכנון מגברים.

הטכניקה הטרנסליניארית של גילברט:

תכנון מגברים לפי שיטה זו. מכפל אנלוגי. ממושו של סיכום וקטורים ופונקציות אי-ליניאריות אחרות. אופן זרם: מעתיקי זרם. אינטגרטור זרם. מגבר בעל משוב זרם אמיתי בכניסה ודרגת יציאה של זרם.

מקורות:

1. ארבל, א. תכנון מתקדם של מעגלים לינאריים. מהד' ג'. מכלול, 1987.
מ.מ. 2034071 – מהד' ג', 1987.
מ.מ. 14825 – מהד' ב', 1982.
2. Razavi, B. Design of Analog CMOS Integrated Circuits. McGraw-Hill, 2001. s.n.2227194

046188	<u>מעגלים אלקטרוניים לאותות מעורבים</u>	<u>ק. יעקובסון</u>	2ה', ת'1 (3 נקודות)
--------	---	--------------------	------------------------

מקצועות קדם:

044137 מעגלים אלקטרוניים ו-044131 אותות ומערכות

או

044142 מעגלים אלקטרוניים לינאריים ו-044131 אותות ומערכות

או

044142 מעגלים אלקטרוניים לינאריים ו-044130 אותות ומערכות

מבנה ותכן של ADC בקצב נייקוויסט, DAC, וממירי סיגמה-דלתה.
ממירי פלאש, PIPELINE ודגימת יתר. תכן מעגלי השוואה, DAC, SAMPLE-AND-HOLD,
ניתוח מעגלים כולל אפקטים מסדר גבוה של אינטגרציה בסיליקון כגון רעש תרמי ורעש תדר,
אופסט, ואי-התאמות. תהליכי תכן מרמת המערכת עד לרמת הטרנזיסטור.

מקורות:

1. R. Van De Plassch, CMOS integrated analog-to-digital and digital-to-analog converters, 2nd ed. Kluwer Academic Publishers, 2003
2. J.C. Candy, Oversampling Delta-Sigma data converters theory design and simulation, IEEE Press, 1992.
3. K.R. Laker, Design of analog integrated circuits and systems, McGraw-Hill Series in Elect. And Comp. Eng. 1994
4. IEEE jornal of solid state circuits and Isscc.

046189	<u>תכן מסננים אקטיביים</u>	<u>א.דיסקין</u>	2ה', ת'1 (3 נקודות)
--------	----------------------------	-----------------	------------------------

מקצוע קדם:

044130 – אותות ומערכות.

מטרת הקורס:

לתת בידי הסטודנט כלים ושיטות לתכן של מסננים המתאימים לשימוש בטכנולוגיות מעגלים אינטגרליים מיקרואלקטרוניקה ו-VLSI.
המסננים נמצאים בשימוש במערכות תקשורת, מערכות בקרה, מערכות לעיבוד אותות ועוד.
יושם דגש על הבעיות המיוחדות למסננים כנ"ל, כגון תכן לרגישות קטנה וליציבות.

נושאי הלימוד:

מבוא לאפרוקסימציה, תכונות של רשת שונות למימוש אקטיבי, רכיבים אקטיביים שונים, שיטות מימוש בעזרת נגדים, קבלים ומגברים אופרטיביים, מגברי Transconductance, גירטורים ועוד.
בעיות רגישות וטולרנציה, בעיות יציבות.

מקורות:

1. Kardontchik, L.E. Introduction to the Design of Transconductor-Capacitor Filters. Kluwer, 1992. s.n. 2128151.
2. The Circuits and Filters Handbook. Edited by Chen, W.-K. 2nd ed., CRC Press, 2003. s.n. 2281178.

046192	<u>בקרה 2</u>	<u>נ.שימקין/א.טיטלר</u>	2ה', ת'1 (3.0 נקודות)
--------	---------------	-------------------------	--------------------------

זרישות קדם:

אותות ומערכות (044130), מבוא להסתברות (104034).

סילבוס

קורס מבוא למערכות לומדות בהקשרן לעיבוד אותות, בינה מלאכותית ולמערכות בקרה. בעיות סיווג, גרסיה, הפחתת מימדיות בעזרת מיצוי רכיבים עיקריים ואישכול, סיווג בשיטת וקטורי התמיכה, רשתות עצביות, עצי החלטה, ושילוב מסווגים.

שם הקורס באנגלית: Machine Learning

פרוט נושאי הלימוד והערכת משכם:

1. הקדמה – 2 שעות.
למידה ממוחשבת מהי, סוגי בעיות למידה, דוגמאות.
 2. יסודות סטטיסטיים – 4 ש'
מודלים סטטיסטיים, שערך פרמטרי: סבירות מירבית/בייסאני, שערך פילוגים לא פרמטרי.
 3. עיבוד מקדים של מידע ולמידה לא מודרכת – 2 ש'
פעולות בסיסיות (מרכז ונרמול), מאפיינים, הורדת ממדיות: PCA, אשכול.
 4. מבוא ללמידה מודרכת – 2 ש'
גרסיה/סיווג, מודלים פרמטריים/לא פרמטריים, סיכון אמפירי ואמיתי, איזון הטיה-שונות, התאמת יתר, קבוצת בוחן, מסווג השכן הקרוב ביותר (בתרגול – מסווג k-NN).
 5. סיווג גנרטיבי – 2 ש'
סיווג גנרטיבי מול דסקרימינטיבי, סיווג גאומטרי אופטימלי (QDA/LDA), בייס נאיבי.
 6. עצי החלטה – 2 ש'
סיווג באמצעות עצי החלטה, בניית עצי החלטה מדוגמאות, קריטריונים לפיצול וגיזום.
 7. שילוב אלגוריתמי למידה – 2 ש'
עקרון הלומד החלש, Boosting & bagging. בתרגול ילמד Gradient boosting.
- קריאה עצמית: אלגוריתמי אופטימיזציה בסיסיים
8. גרסיה לינארית – 2 ש'
מינימום ריבועים, רגולריזציה, שיטות גרדיאנט, גרדיאנט סטוכסטי.
 9. סיווג לינארי – 2 ש'
פרספטרון, גרסיה לוגיסטית
 10. SVM ושיטות גרעין – 2 ש'
 11. רשתות עצביות – 4 ש'
פרספטרון, רשתות רב שכבתיות, Back Propagation, משפט הקירוב האוניברסלי, ארכיטקטורות: רשתות קונוולוציה, רשתות עם משו, GAN, AutoEncoder.

מרכיבי הציון ומשקלם:

30% חובה	תרגילי בית
רבע נקודה בונס לכל תרגיל	תרגילי הכנה
70%	בחינה סופית

ספרים:

רמה בסיסית:

- G. James, D. Witten, T. Hastie and R. Tibshirani, *An Introduction to Statistical Learning*, Springer, 2013.
- Y. Abu-Mostafa, M. Magdon-Ismail and H. Lin, *Learning from Data: A Short Course*, AMLbook, 2012.

מתקדמים יותר :

- C. Bishop, *Pattern Recognition and Machine Learning*, Springer , 2007.
- T. Hastie, R. Tibshirani and J. Friedman, *The Elements of Statistical Learning*, 2nd Ed. Springer, 2009.
- K. Murphy, *Machine Learning: A Probabilistic Perspective*, MIT Press, 2012.
- R. Duda, P. Hart and D. Stork, *Pattern Classification*, 2nd Ed., Wiley, 2001.
- E. Alpaydin, *Introduction to Machine Learning*, 3rd ed., 2014.
- S. Shalev-Shwartz and S. Ben David, *Understanding Machine Learning*, Cambridge, 2014.

1. Mitchell, T.M. Machine Learning. McGraw-Hill, 1997. s.n. 2186354.

2 ה', ת'1 (3 נקודות)	<u>בקרה לא לינארית</u>	046196
-------------------------	------------------------	--------

לא יינתן השנה

יצוג מערכות לא-לינאריות על ידי משוואות דיפרנציאליות, מצבי שווי משקל ויציבותם. אנליזה של מערכות בקרה לא-לינאריות במישור המצב ובאמצעות הפונקציה המתארת. השפעת אלמנטים לא-לינאריים בחוג הבקרה, כגון חיכוך קולון וממסרים, תופעות לא לינאריות, כגון מסלול גבולי (limit cycle) (sliding mode) תורת היציבות של ליאפונוב. קריטריון פופוב וקריטריון המעגל. תכן איתן (robust) באמצעות בקרת החלקה ובקרת ליאפונוב, שימוש בבקרת רובוטים. מבוא לבקרה מסתגלת. (adaptive)

Will not be given the year

Representation of Nonlinear Systems by Differential Equations, Equilibrium States and Their Stability. State Plane and Describing Function Analysis of Nonlinear Control Systems. Effect of Nonlinear Elements Such as Coulomb Friction and Relays, Nonlinear Phenomena Such as Limit Cycles and Sliding Modes. Lyapunov Stability Theory. the Popov and Circle Stability Criteria. Design of Robust Control Systems by Sliding-Mode and Lyapunov Control, Application to Robot Control. Introduction to Adaptive Control.

2 ה', ת'1 (3 נקודות)	<u>כ.לוי</u>	<u>שיטות חישוביות באופטימיזציה</u>	046197
-------------------------	--------------	------------------------------------	--------

מקצוע קדם:

104011 – חדו"א מ'.

104016 – אלגברה 1 מורחב.

מקצוע דומה:

236330 – מבוא לאופטימיזציה

104193- תורת האופטימיזציה

מבוא: דוגמאות לבעיות אופטימיזציה. שיטות קלסיות לבעיה ללא אלוצים ועם אלוצי שוויון ואי שוויון תכנות לינארי, תכונות כלליות, שיטת הסימפלקס, דואליות. שיטות איטרטיביות לבעיות ללא אלוצים: בעיות במימד יחיד – קרובים. שיטות ניוטון, תכונות התכנסות. בעיות רב ממדיות - שיטות חיפוש ישירות. שיטת גרדיאנט. שיטות קוואזיניוטוניות. כוונים צמודים, גרדיאנטים צמודים, מטריצה משתנה. הערה: המקצוע מומלץ לסטודנטים החל מהסמסטר החמישי.

מקורות:

Boyd, S. P., Vandenberghe, L. Convex optimization. Cambridge, 2004. s.n. 2262155.

046200	עיבוד וניתוח תמונות	י.כהן / י.שכנר	2 ה', 1ת' (3 נקודות)
--------	----------------------------	-----------------------	-------------------------

מקצועות קדם:

104034- מבוא להסתברות ח' או 094412 הסתברות מ' או 104222 תורת ההסתברות או הסתברות ת'

מקצועות ללא זיכוי:

236327- עיבוד תמונות ואותות במחשב

1. מבוא לראייה ולעיבוד תמונות.
2. מערכות לינאריות בדו-מימד: ייצוג מטריצי, מכפלת קרונקר, ספרביליות, התמרת פוריה דו-מימדית.
3. דגימה ושחזור של תמונות: דגימה אחידה, תופעת הקיפול בתמונות (aliasing), דגימה על סריג כללי.
4. קוונטיזציה: סקלרית, שיקולים חזותיים, קוונטיזציה צבע.
5. שיפור תמונות: שחזור ML, שחזור MAP, פונקציות הסתברות לתמונות.
6. שחזור תמונה: שחזור ML, שחזור MAP, פונקציות הסתברות לתמונות.
7. התמרות דיסקרטיות בדו-מימד: 2D-DCT, 2D-DFT, ייצוג וניתוח תמונות ברזולוציה משתנה.
8. דחיסת תמונה: מושגים בסיסיים בתורת האינפורמציה, יתירויות בתמונות וניצולן, דחיסה משמרת ולא משמרת.

מקורות:

1. Jain, A. K. Fundamentals of Digital Image Processing. Prentice-Hall, 1989. s.n.2065704
2. Gonzalez, R.C., Woods, R.E. Digital Image Processing. 3rd ed. Addison-Wesley, 2007. s.n. 2279936 – 3rd ed., 2007. s.n. 2238212 – 2nd ed., 2002. s.n. 21283329 – 1st ed., 1992.
3. Gonzalez, R.C. Digital Image Processing Using MATLAB. 2nd ed. Gatesmark, 2009. s.n. 2307575 – 2nd ed., 2009. s.n. 2259287 – 1st ed., 2004.
4. אלעד, מ. עיבוד וניתוח תמונות, 1999. מ.מ. 2226345

תוצאות למידה:

בסיום הקורס הסטודנט יהיה מסוגל:

- לדגום תמונה בסריג כללי, ולשחזרה בצורה מקורבת ע"י אינטרפולציה פולינומיאלית.
- לתכנן קוונטיזציה אופטימאלית וקוונטיזציה עם שיקולים ויזואליים
- ליישם פעולות ומסננים לשיפור תמונות.
- לשחזר תמונה מתוך גרסה רועשת ומטושטשת שלה.
- לאפיין התמרות לינאריות בדו-מימד.
- לתאר יתירויות בתמונות, ולתכנן סכמות דחיסה ופריסה המנצלות את היתירויות.

046201	עיבוד אותות אקראיים	ת. מיכאלי	2 ה', 1ת' (3 נקודות)
--------	----------------------------	------------------	-------------------------

מקצוע קדם:

044202 – אותות אקראיים

מבוא לשערוך פרמטרים: הגדרת הבעיה, קריטריוני טיב שערוך, חסם קרמר-ראו והרחבותיו, שערוך בשיטת הסבירות במרבית, עקביות, יעילות אסימפטוטית, משערוך רבועים פחותים, שערוך בשיטת המומנטים.

שערוך פרמטרים של תהליכים אוטורגרסיביים: משוואות משערוך הרבועים הפחותים ופתרוןן, אלגוריתם לוינסון, אלגוריתם רקורסיבי

מקורות:

1. Porat, B. Digital Processing of Random Signal: Theory and Methods.

- Prentice-Hall, 1994. s.n. 2144342.
2. Kay, Steven M. Fundamentals of Statistical Signal Processing. Vol.1. Prentice-Hall, 1993-1998. s.n. 2157997.
3. Papoulis, A. Pillai, S.U. Probability, Random Variables, and Stochastic Processes. 4th ed., McGraw-Hill, 2002. s.n. 2240547 – 4th ed., 2002. s.n. 2111164 – 3rd ed., 1991.
4. Candy, J. Signal processing : the modern approach. McGraw-Hill, 1988. s.n. 2135453.

046202	עיבוד וניתוח מידע	ר.מאיר	2 ה', 1 ת', 3 ע"ב (3 נקודות)
--------	-------------------	--------	------------------------------------

מקצועות קדם:

אותות ומערכות 044131, ו- מערכות לומדות 046195, ו - מבוא להסתברות ח' 104034
או
אותות ומערכות 044130, ו - מערכות לומדות 046195, ו - מבוא להסתברות ח' 104034

מקצועות ללא זיכוי נוסף:

עיבוד וניתוח מידע 046193

סילבוס בעברית

מבוא לנושאי הפקת מידע מנתונים ושיטות למידה לא ממוקחת.
יסודות בהסקה סטטיסטית: אמידה פרמטרית ולא-פרמטרית, בדיקת השערות.
עיבוד ראשוני של נתונים.
בחירת מאפיינים.
שיטות להורדת מימדיות: ניתוח רכיבים עיקריים, פירוק ערכים סינגולריים, הרחבות לא-לינאריות.
מדדי מרחק ודימיון בין פריטי מידע.
אלגוריתמים לאשכול.
זיהוי שכיחות וקשר, וזיהוי חריגים. יישומים מייצגים

תוצאות למידה:

- בתום הקורס הסטודנט יהיה מסוגל:
1. לתאר את בעיות היסוד בניתוח מידע.
 2. להסביר וליישם שיטות סטטיסטיות להערכת פרמטרים ובדיקת השערות מתוך מידע.
 3. להסביר וליישם שיטות בסיסיות לבחירת מאפיינים.
 4. להסביר וליישם אלגוריתמים להורדת מימדיות מידע.
 5. להסביר וליישם אלגוריתמים לזיהוי שכיחות וקשר.
 6. להסביר וליישם אלגוריתמים לאשכול נתונים.
 7. להסביר וליישם אלגוריתמים לניתוח וזיהוי חריגים במידע.

Syllabus:

INTRODUCTION TO DATA MINING METHODS AND UNSUPERVISED LEARNING.
REVIEW OF STATISTICAL INFERENCE
PARAMETRIC AND NON-PARAMETRICS ESTIMATION, HYPOTHESIS TESTING.
DATA PREPROCESSING.
FEATURE SELECTION. DIMENSIONALITY REDUCTION: PCA, SVD, NONLINEAR EXTENSIONS.
DISTANCE AND SIMILARITY MEASURES.
CLUSTERING ALGORITHMS.
FREQUENCY AND ASSOCIATION MINING.
OUTLIER ANALYSIS.
REPRESENTATIVE APPLICATIONS.

Learning outcomes:

UPON COMPLETING THE COURSE, STUDENTS WILL BE ABLE TO:
1. EXPLAIN THE BASIC ISSUES OF DATA ANALYSIS.

2. EXPLAIN AND IMPLEMENT STATISTICAL METHODS FOR PARAMETER ESTIMATION AND HYPOTHESIS TESTING.
3. EXPLAIN AND IMPLEMENT BASIC APPROACHES FOR FEATURE SELECTION.
4. EXPLAIN AND IMPLEMENT ALGORITHMS FOR DATA DIMENSIONALITY REDUCTION.
5. EXPLAIN AND IMPLEMENT ALGORITHMS FOR FREQUENCY AND CORRELATION.
6. EXPLAIN AND IMPLEMENT ALGORITHMS FOR DATA CLUSTERING.
7. EXPLAIN AND IMPLEMENT ALGORITHMS FOR OUTLIER DETECTION.

ה'21 (3 נקודות)	א. תמר	תכנון ולמידה מחיזוקים	046203
--------------------	---------------	------------------------------	---------------

מקצועות קדם:

044202 - אותות אקראיים, ו - 046195 מערכות לומדות

מקצוע זהה:

046194 - למידה ותכנון במערכות דינאמיות

קבוצת התמחות: בקרה (אושר ע"י אנשי התחום).
קבוצות התמחות אפשריות נוספות: רשתות תקשורת, מחשבים.

קורס זה מהווה מבוא לבעיות בקרה והחלטה במערכות אירועים בדידים, תוך דגש על פתרון אופטימאלי בשיטות של תכנות דינאמי. הקורס מציג את המודל הבסיסי של תהליכי החלטה מרקוביים, שיטות פתרון מקובלות, ויישומים לבעיות החלטה דינאמיות במערכות מחשב, רשתות תקשורת, תכנון מסלול, ורובוטיקה. חלקו השני של הקורס כולל מבוא לנושאים המתקדמים של למידה באמצעות חיזוקים (Reinforcement Learning) ותכנון מקוון (online planning).

נושאי הלימוד:

1. הקדמה – 2 שעות.
סקירת הקורס. הצגת בעיות החלטה רלוונטיות מתחומים שונים.
2. מבוא לאופטימיזציה – 2 שעות
בעיות תכנות לינארי ותכנות קמור. אלגוריתמי גרדיאנט.
3. תהליכי החלטה מרקוביים – 8 שעות
שרשראות מרקוב בזמן בדיד (חזרה), שרשראות מרקוב מבוקרות ובעיית הבקרה האופטימאלית. קריטריון מחיר סופי, מהוון וממוצע. שיטות פתרון עיקריות: תכנות דינאמי (איטרצית הערך ואיטרצית המדיניות), תכנות לינארי.
4. דוגמאות – 4 שעות
תכנון מסלול ותנועה.
בקרה אופטימאלית של ניתוב ושיבוץ במערכות תורים ורשתות תקשורת.
5. תכנות דינאמי מקורב ולמידה על ידי חיזוקים – 8 שעות.
בעיית הלמידה באמצעות חיזוקים. סוגי למידה: מקוונת ולא מקוונת. בעיית הבנדיט-רב הזרועות, ניסוי לעומת מיצוי. אלגוריתמים בסיסיים: למידה המבוססת מודל, למידה על ידי הפרשים זמניים, למידת פונקצית ערך-הפעולה.
6. תכנון מקוון - 4 שעות.
בעיית התכנון המקוון במערכות דטרמיניסטיות וסטוכסטיות. שיטות חיפוש בגרפים אקראיים. יישום למשחקי לוח.

מקורות:

- ספר לימוד:
D. Bertsekas, Dynamic Programming and Optimal Control, Vol.1 (3rd ed., 2005), Vol. 2 (4th ed., 2012), Athena Scientific.
- ספרי עזר ועיון:
S. Russel and P. Norvig, Artificial Intelligence – A Modern Approach, 3rd ed., Prentice-Hall, 2009.
S. LaValle, Planning Algorithms, Cambridge, 2006.

מקצוע קדם:

044142 מעגלים אלקטרוניים ליניאריים ו-044202 – אותות אקראיים

או

044137 מעגלים אלקטרוניים ו-044202 – אותות אקראיים

אנו חיים בעולם ספרתי אך העברה ואחסון מידע ספרתי מתבצעים מעל תווכים אנלוגיים טבעיים או מעשי אדם באמצעות צורות גל רציפות בזמן. אותות ספרתיים לא קיימים בעולם הפיסי – הכל אנלוגי. לכן קורס זה מכוון הרבה מעבר לרדיו AM/FM של סבתא אלא מניח יסודות מוצקים לייצוג בתחום הזמן והתדר ועיבוד ליניארי ולא-ליניארי של תהליכים אקראיים אנלוגיים אשר הם הבסיס של התקשורת המודרנית על סוגיה.

נושאים: אפנון וגילוי ליניארי – פורמאטי איפנון AM ו-DSB. ייצוגים קומפלקסיים של תהליכי פס-מעבר (עוטפת קומפלקסית, אות אנליטי, התמרת הילברט) ומעברם דרך מערכות ליניאריות. פורמאט איפנון SSB והקדמה ל VSB. ניתוח יחס-אות-לרעש SNR של DSB, AM, SSB. איפנון זויתי FM, PM וביצועיו בנוכחות אי-ליניאריות של הערוץ ורעש.

שם הקורס באנגלית:

Analog Communication Course Overview-Compiled by prof. M Nazarathy

We live in a digital world yet transfer and storage of digital information are performed over analog media, be they natural or man-made, by means of time-continuous waveforms. Digital signals do not exist in the physical world – everything is analog. Thus, this course aims well beyond Grandma's old AM/FM radio, laying solid foundations for representing analog random processes in the time and frequency domain and performing linear and nonlinear processing on these signals – providing the basis for modern communication and measurement techniques in all their forms.

Topics: Linear modulation and detection - AM and DSB modulation formats. Complex representations of bandpass deterministic and random signals (complex envelope, analytic signal, Hilbert transform). SSB modulation format and brief intro to VSB. Analysis of the Signal to Noise Ratio (SNR) of DSB, AM, SSB. Angle modulation, namely PM, FM and its performance in the wake of channel nonlinearity and noise.

תוצאות למידה:

הקורס יטיב עם כל מי שמעוניין בבסיס מוצק עבור לימודי המשך של תקשורת ספרתית, עיבוד אותות, מערכות מכשור מדידה או מכשור רפאוי, מערכות מכ"ם, וכו'. בפרט פיסיקאים או חוקרים בתחום האלקטרוניקה פיסיקלית אשר שואפים להעמיק הבנתם בסטטיסטיקה של תופעות אות ורחש ובאפנון אותות. הנושאים הנלמדים יהיו רלוונטיים עד-עולם ואינם דווקא מוגבלים לטכניקות האנלוגיות הספציפיות.

Learning products:

The course may benefit whoever is interested in a solid base for follow-up studies of digital communication, signal processing, instrumentation systems – for measurement and medical, radar systems, etc.. In particular, physicists or EE practitioners of physical electronics who wish to deepen their understanding of the statistics of noisy signals and modulation of signal will benefit.

The taught topics are expected to stay relevant forever as they are not related to particular analog technologies (e.g., the theory of phase-noise presented here in the context of FM, is relevant wherever phase noise arises).

מקורות:

1. B.P. Lathi: Modern Digital and Analog Communication Systems 3rd Edition, Oxford University Press 1998,
2. Carlson, A.B., Crilly, P., Rutledge, J. Communication Systems: An Introduction to Signal and Noise in Electrical Communication. 5th ed. McGraw-Hill, 2009. s.n. 2308794 – 5th ed., 2009.

s.n. 2237756 – 4th ed., 2002.

s.n. 2004433 - 3rd ed., 1986.

3. Additional optional textbooks that lecturer lists , tauc and Schilling , Haykin, Stremler.

מבוא לתורת הקידוד בתקשורת	046205	נ. וינברגר	2 ה', ת1' (3 נקודות)
---------------------------	--------	------------	-------------------------

מקצוע קדם:

046206 – מבוא לתקשורת ספרתית.

סילבוס :

-מבוא לקידוד בערוצים רועשים
-הצגת קודי בלוק לינאריים הכולל גם חומר רקע בחבורות סופיים
-פענוח סינדרום והמערך הסטנדרטי
-קודי בלוק לינאריים- קודי Hadamard לבניית אותות אורתוגוליים שווי- אנרגיה, אנליזת ביצועים של -
מקלט קוהרנטי, קודי Reed-Muller
- קודי קונבולוציה : תיאור אלגברי, מקודדים, ופענוח MAP ע"י מפענח ויטרבי
-אנליזת ביצועים של קודי קונבולוציה עם מפענח ויטרבי
-אלגוריתם פענוח BCJR לקודי קונבולוציה רקורסיביים
-מבוא לאלגוריתמי פענוח איטרטיביים עבור קודי גרף

Updated syllabus

- Introduction to coding for noisy channels (2 hours)
 - Linear block codes introduction, with background material in group theory (4 hours)
 - Syndrome decoding and the standard array (2 hours)
 - Linear block codes – Hadamard codes for orthogonal signals, performance analysis of coherent detector, Reed-Muller codes (3 hours)
 - Convolutional codes: algebraic view, encoders, Viterbi MAP decoding (7 hours)
 - Performance analysis of convolutional codes under Viterbi decoding (3 hours)
 - The BCJR algorithm for recursive convolutional codes (2 hours)
 - Introduction to iterative decoding algorithms for graph codes (3 hours)
- Total: 26 hours, consisting of 13 lectures of two hours each

תוצרי למידה :

מטרת הקורס היא להקנות עקרונות יסוד אשר עליהם מבוססות מערכות תקשורת מקודדות מודרניות. מערכות תקשורת המשלבות קודים לתיקון שגיאות מתוכננות מתוך שאיפה להשגת ביצועים טובים תחת אילוצים מעשיים הקשורים במגבלות הספק שידור, רוחב-סרט, השהיית עיבוד נתונים, וסיבוכיות קידוד ופענוח. הקורס הינו קורס יסוד ששם דגש על אספקטים מעשיים הקשורים בתכן קודים לתיקון שגיאות, וניתוח הסתברותי של ביצועי קודים.

Learning outcomes:

The objective of the course is to provide the fundamentals upon which modern coded communication systems are built. Communication systems that use error-correcting codes are designed for good performance under practical constraints of transmission power, bandwidth, data-processing delays, and encoding/decoding complexities. The course emphasis is on both deep fundamental principles of coding, and practical aspects of coding such as code design and probabilistic performance analysis.

- 1) עקב קיצור הסמסטר ל-13 שבועות יצומצם הנושא האחרון הקשור בפענוח איטרטיבי של קודי גרף, כיוון שניתן קורס מתקדם יותר בנושא הקרוי "קודי גרף ואלגוריתמי פענוח איטרטיביים" (049040).
- 2) על הקורס "מבוא לתקשורת ספרתית" (046206) חלה דרישת קדם או צמד בלימוד הקורס "מבוא לתורת הקידוד בתקשורת".

מקורות:

1. Lin, S., Costello, D.J. Jr. Error Control Coding: Fundamentals and Applications. 2nd ed. Prentice-Hall, 2004. s.n. 2258968.
2. Roth, R. M. Introduction to Coding Theory. Cambridge Univ. Press, 2006. s.n. 2274065.
3. Proakis, J.G., Salehi, M. Digital Communications. 5th ed. McGraw – Hill, 2008. s.n. 2296798.

046206	<u>מבוא לתקשורת ספרתית</u>	<u>י. שטינברג</u>	2 ה', ת'1 (3 נקודות)
--------	----------------------------	-------------------	-------------------------

מקצוע קדם:

044202 – אותות אקראיים

- מבוא לתקשורת ספרתית ואפיון מרכיבי מערכת התקשורת.
- מערכת תקשורת דיסקרטית בזמן (חד מימדית ורב מימדית): חוק ההחלטה האופטימלי.
- ייצוג סיגנלים בעלי אנרגיה סופית
- מערכת תקשורת רציפה בזמן ברעש גאוסני לבן וגלאים אופטימליים, מקלט הקורלציה והמסננת המתואמת
- חישוב ביצועים, הסתברות שגיאה ובחירת סיגנלים אופטימליים- המקרה הבינארי והמקרה הכללי, תוצאות מדויקות וחסמים.
- מערכת תקשורת עם פרמטרים לא ידועים ככלל, ותקשורת לא קוהרנטית (פאזה אקראית) בפרט
- בעיית המכ"ם הקלאסית וקריטריון ניימן- פירסון
- יסודות תורת השערוך למשתנים אקראיים ופרמטרים: חשוב ביצועים, חסמים ויישום לדוגמאות קלאסיות (לדוגמא שערוך השהייה)
- נושא אופציונלי- תקשורת בינארית במשטר פואסוני

מקורות:

1. McDonough, R.N., Whalen, A.D. Detection of Signals in Noise. 2nd ed. Academic Press, 1995. s.n.2175173.
2. Wozencraft, J.M. Principles of Communication Engineering. Wiley, 1965. s.n.215864.
3. Van Trees, H.L. Detection, Estimation, and Modulation Theory. Part I. Wiley, 1966. s.n.215593.
4. Proakis, J.G., Salehi, M. Digital Communications. 5th ed. McGraw – Hill, 2008. s.n. 2296798 – 5th ed., 2008. s.n. 2224766 - 4th ed., 2001.
5. Helstrom, Carl W. Statistical Theory of Signal Detection. 2nd ed. Pergamon, 1968. s.n. 2021082.
6. Gallager, Robert G. Principles of Digital Communication. Cambridge, 2008. s.n. 2293750.
7. Lapidoth, Amos. A Foundation in Digital Communication. Cambridge, 2009. s.n. 2307960.

046208	<u>טכניקות תקשורת מודרניות</u>	<u>נ. וינברג</u>	2 ה', ת'1 (3 נקודות)
--------	--------------------------------	------------------	-------------------------

מקצוע קדם:

046206 – מבוא לתקשורת ספרתית

מקצועות דומים:

048703 – נושאים מתקדמים בתקשורת ואינפורמציה, שניתן בתשס"ג
049001 – טכניקות מודרניות לאיפנון ספרתי

הקורס מטפל במגוון טכניקות שידור ספרתי מודרניות ובאבני בנין בסיסיות של עיבוד אותות במשדר ובמקלט לצורך העברה יעילה של מידע ספרתי.
נושאים: שידור PAM פס-בסיס ופס-מעבר (עיצוב צורת פולס לביטול הפרעה בינ-סימנית וסינון מתואם), שידור PAM אורתוגונאלי ושידור OFDM, שידור פס-מבוזר SPREAD SPECTRUM, השוואת ערוץ

EQUALIZATION מסוג מאלץ-אפס ZERO-FORCING ומסוג שגיאה ריבועית ממוצעת מזערית MMSE, השוואה מסתגלת ADAPTIVE EQUALIZATION.

The course addresses a variety of modern digital transmission techniques and basic signal processing building blocks in the transmitter and receiver for efficient transfer of digital information.

Topics: Baseband and Passband PAM transmission (pulse-shaping for inter-symbol-interference cancellation and matched filtering), Orthogonal PAM and OFDM transmission, Spread-spectrum transmission, Channel equalization of the zero-forcing (ZF) and minimum-mean-square-error (MMSE) types, Adaptive equalization.

תוצאות למידה:

עקרונות תקשורתיים-עיוניים עבור העברה ספרתית יעילה או מיטבית של מידע וכן מבני וטכניקות עיבוד אותות ספרתי במשדר ובמקלט אשר מהווים בסיס לתכן ומימוש מערכות תקשורת מודרניות. הקורס חיוני לכל מי שיעסוק במחקר וכן בתכן ומימוש תעשייתיים של תקשורת - הקורס מספק תמונת-על וכן מקנה עקרונות של פעולת השכבה הפיסית של התקשורת ספרתית החדשה וכן רקע מערכתי עבור מימושי תכנה-חמרה לעיבוד אותות עבור מערכות תקשורת

Learning products:

Communication-theoretic principles for efficient or optimal transfer of digital information and digital signal processing structures and techniques in the transmitter and receiver which provide the basis for design and realization of modern communication system. The course is essential to provide overview of and insight into the principles of the digital communication physical layer for whoever intends to work in the framework of research on advanced signal processing for communication or in the industry on transceiver design and software/hardware implementations.

מקורות:

1. Haykin, S. Communication Systems. 4th ed. Wiley, 2001. s.n. 2216160.
2. Proakis, J.G., Salehi, M. Digital Communications. 5th ed. McGraw – Hill, 2008. s.n. 2296798 – 5th ed., 2008. s.n. 2224766 - 4th ed., 2001.
3. Schwartz, M., Bennett, W.R., Stein, S. Communication Systems and Techniques. McGraw-Hill, 1996. s.n. 2208736; s.n. 214780.
4. Barry, J.R., Lee, E.A., Messerschmitt, D. Digital Communication. 3rd ed. Kluwer, 2004. s.n. 2255010 - 3rd ed., 2004. s.n. 2176120 – 2nd ed., 1994.
5. Tse, D., Viswanath, P. Fundamentals of wireless communication. Cambridge University Press, 2005. s.n. 2281019
6. Goldsmith, A. Wireless communications. Cambridge Univ. Press, 2005. s.n. 2290088.
7. Madhow, U. Fundamentals of digital communication. Cambridge Univ. Press, 2008. s.n. 2297401.

2 ה' ת"ש
(3.5 נקודות)

מ.זילברשטיין
א.א. אייל

מבנה מערכות הפעלה 046209

מקצועות קדם:

044262 – תכן לוגי ו- 044101 – מבוא למערכות תוכנה או
046262 – תכן לוגי ו- 234122 – מבוא לתכנות מערכות
234262 – תכן לוגי ו- מבוא לתכנות מערכות.

מקצוע דומה:

236364 – מבנה מערכות הפעלה

סוגי מערכות הפעלה, הצגה היירארכית. מושג התהליך:

מבני נתונים, יצירה, בקרה (קואורדינציה) והשמדה, תקשורת תהליכים GNIHCTIWS TXETNOC. ניהול זיכרון ראשי: ארגון ומימוש. טפול בפסיקות: קלט-פלט, זימון, פסיקות תכנה. ניהול שעון בזמן אמת: ארגון ומימוש. מערכות קבצים: קלט-פלט לדיסק, מבני נתונים, מדריכים. ניהול קלט-פלט: מסופים, דיסקים, אפיק תקשורת, אתחול מערכת וניהול קונפיגורציה.

מקורות:

1. Silberschatz, A., Galvin, P.B., Gagne, G. Operating System Concepts. 7th ed. Wiley, 2005.
s.n. 2268680 – 7th ed., 2005.
s.n. 2247572 - 6th ed., 2003.
s.n. 2179932 - 5th ed., 1998.
s.n. 2148315 - 4th ed., 1994.
2. Tanenbaum, A.S. Modern Operating Systems. 3rd ed. Prentice-Hall, 2009.
s.n. 2293896 - 3rd ed., 2009.
s.n. 2229832 - 2nd ed., 2001.
3. The Design and Implementation of the 4.4BSD Operating Systems. Edited by McKusick, M.K., Bostic, K., Quarterman, J.S. Addison-Wesley, 1996. s.n.2254981.
4. Bach, M.J. The Design of the UNIX Operating System. Prentice-Hall, 1986. s.n.2019693.

(1 נקודה)	<u>מ. זילברשטיין</u>	<u>מעבדה במערכות הפעלה</u>	046210
-----------	-----------------------------	-----------------------------------	---------------

מקצוע צמד:

046209 - מבנה מערכות הפעלה

מקצועות דומים:

234120 - מערכות הפעלה

234123 - מערכות הפעלה

תרגול יישומי של עקרונות מערכות הפעלה בשפת C עם קריאות מערכת של Unix.

2 ה', 1 ת' (3 נקודות)	<u>ד. סודרי</u>	<u>למידה עמוקה</u>	046211
--------------------------	------------------------	---------------------------	---------------

שם עברי מוקצר: למידה עמוקה

דרישות קדם:

"מערכות לומדות" 046195, או "מבוא למערכות לומדות" 236756

בקורס זה נתכנת ב-Python ונשתמש בסביבת Pytorch, כפי שנלמד בקורס מערכות לומדות (מאז אביב 2019). חומר עזר יינתן לסטודנטים שצריכים רענון, אך באחריות הסטודנטים להשלים כל חוסרים.

סילבוס בעברית

נלמד כלים תיאורטיים ומעשיים, כדי לבנות, לאמן ולנתח רשתות נוירונים ללמידה עמוקה, בדגש על למידה מונחית. למשל, תכונות ותנאי התכנסות של אלגוריתם הגרדיאנט וגרסאותיו השונות, רשתות רב שכבתיות (תכונות קירוב וסימטריות), חישוב יעיל של נגזרות, רשתות קונוולוציה והרחבותיהן למשימות ראייה, שיטות אימון וניתוחן, רשתות למשימות סדרתיות, ולמידה מקדימה.

פרוט נושאי הלימוד והערכת משכם:

1. הקדמה – 2 שעות.
חזרה על מערכות לומדות, הכללה, מדוע למידה עמוקה חשובה, מה נעשה בקורס.
2. אופטימיזציה – 2 שעות.
תכונות והבטחות התכנסות של אלגוריתמי אופטימיזציה שונים: אלגוריתם הגרדיאנט, גרדיאנט סטוכסטי, מומנטום, קצב לימוד מסתגל, וכו'.
3. גזירה יעילה – 2 שעות.
פעפוע אחורי (Backpropagation) באמצעות כופלי לגרנז', גזירה בגרפים כלליים ופונקציות סתומות, תת-גרדיאנטים, גזירה נומרית, נגזרות מסדר שני.
4. נוירון בודד – 2 שעות.
פונקציות מחיר לרגרסיה וסיווג, פונקציות אקטיבציה, משטח האופטימיזציה, התכנסות, רגולריזציה חבויה, הכללה.
5. רשתות נוירונים רב שכבתיות – 2 שעות.

משפט הקירוב האוניברסלי והרחבותיו, משטח האופטימיזציה, סימטריות וגדלים נשמרים, שיטות אתחול, חיבורי דילוג (skip-connections).

6. רשתות למשימות ראייה – 2 שעות.
רשתות קונבולוציה, זיהוי, וסגמנטציה; שיטות אוגמנטציה
7. רשתות למשימות סדרתיות – 2 שעות.
רשתות עם משוב, קשב (attention), ושנאים (transformers)
8. שיטות אימון – 2 שעות.
נרמול הקלט, שכבות נרמול, רגולריזציה, שיטות אופטימיזציה, פונקציות מחיר שונות, וכיוונון היפר-פרמטרים.
9. ניתוח השפעה של שיטות אימון – 2 שעות.
אינטראקציה בין גורמים, ניתוח של רשתות פשוטות.
10. יעילות בנתונים ולמידה מקדימה (pre-training) – 2 שעות.
הנחיה עצמית, למידת ייצוג, למידת העברה (transfer learning)
11. יעילות משאבים ודחיסת מודלים – 2 שעות
זיקוק מודלים, דילוג, קוונטיזציה
12. הרצאת סיכום, נושאים נבחרים, הצגת פרויקטים – 2 שעות
13. הצגת פרויקטים – 2 שעות.

מקורות:

הקורס אינו עוקב אחר מקור מסויים, אולם המקורות הבאים יכולים להיות שימושיים:

[Dive into Deep Learning](#), Aston Zhang, Zack C. Lipton, Mu Li, Alex Smola, 2020

[Deep Learning with PyTorch](#), Vishnu Subramanian, *Packt*, 2018

[Deep Learning](#), Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville, *MIT Press*, 2016

תוצאות למידה:

עם השלמת הקורס בהצלחה, הסטודנטים יהיו מסוגלים:

1. להכיר את המודלים העיקריים ושיטות אימון מקובלות ללמידה עמוקה.
2. לכתוב קוד python, בסביבת pytorch, לבנייה, אימון ושימוש ברשת עמוקה.
3. להבין את השיקולים הנדרשים לכיוונון רשתות עמוקות כדי לקבל ביצועים טובים, ואת התוצאות התיאורטיות הרלוונטיות (במידה וקיימות).

הרכב הציון:

40% בחינה סופית

30% שיעורי בית הכוללים חלק "יבש" ו"רטוב"

30% פרויקט סופי

שם הקורס באנגלית: Deep Learning

English syllabus:

We will learn theoretical and practical tools to build, design and analyze deep networks, with an emphasis on supervised learning. For example, properties and convergence of gradient descent and its variants, efficient differentiation, multilayer nets (approximation and symmetry), convnets (and extensions) for visual tasks, training methods and their analysis, networks for serial data, and pre-training.

Learning Outcomes:

With the completion of the course, the students:

1. Will be familiar with the main models and common training methods for deep learning.

2. Will be able to code (in Python, using the Pytorch framework) for deep neural network, train it, and use it.
3. Will be able to understand the considerations required to tune deep networks for achieving good performance, and the relevant theoretical results (when such exist).

2 ה', 1 ת' (3 נקודות)	א. תמר	מבוא לרובוטיקה ח'	046212
--------------------------	---------------	--------------------------	---------------

מקצוע קדם:

044131 – אותות ומערכות

מקצועות ללא זיכוי נוסף:

035001 – מבוא לרובוטיקה

236927 - מבוא לרובוטיקה

סילבוס בעברית -

מבוא לקינמטיקה, דינמיקה, תכנון תנועה ובקרה של מניפולטורים רובוטיים. טרנספומציות הומוגניות, קינמטיקה קדמית והופכית, יעקוביאן קדמי והופכי. דינמיקה במרחב הצירים ובמרחב המבצעי. מערכת הפעלה רובוטית (ros). בקרת תנועה ובקרת כוח. תכנון תנועה. מערכת הפעלה רובוטית.

תוצאות למידה

לימוד העקרונות לתכנון ובקרת תנועה של מניפולטור רובוטי, קינמטיקה ודינמיקה, ועד למימוש אלגוריתמי בקרה במערכת הפעלה רובוטית. בסוף הקורס, הסטודנט/ית יממשו תכנון תנועה ובקרה של רובוט בסימולציה.

The Course Provides An Introduction to the Kinematics, Dynamics, Planning, and Control of Robot Manipulators. Kinematics: Homogeneous Transformations, Forward and Inverse Kinematics, Forward and Inverse Jacobians. Dynamics: Dynamics in Joint Space and Operational Space. Control: Motion Control, Pid Control, Inverse Dynamics Control, Force Control. Planning: Trajectory Planning, Motion Planning, Prm, Rrt. Robot Operating System (Ros).

Learning outcome

The Student Will Learn the Principles for Planning and Controlling the Motion of Robotic Manipulators, Starting from the Fundamental Kinematic and Dynamic Principles, and Up to Implementing Control Algorithms on the Robot Operating System (Ros). the Student Will Implement Motion Planning and Control of a Robot in Simulation.

מקורות:

1.

Robotics

Modelling, Planning and Control

Siciliano, B., Sciavicco, L., Villani, L., Oriolo, G.

Springer

2009

2.

Planning Algorithms

Steven M. LaValle

Cambridge University Press

2006

3.

Modern Robotics: Mechanics, Planning, and Control

Kevin M. Lynch and Frank C. Park

Cambridge University Press

2017

4.

Introduction to robotics : mechanics and control, 3rd edition
Craig, John J.
Upper Saddle River, N.J : Pearson Education
2005

3 ^{ה'} , (3 נקודות)	א.אפשטיין	מיקרוגלים	046216
---------------------------------	------------------	------------------	---------------

מקצועות קדם:
044148 - גלים ומערכות מפולגות

משפטי יסוד באלקטרומגנטיות שימושית. קוי תמסורת בתדר גבוה. מערכות גל-בו מהודים. מושגי אימפדנס ורשת. התקנים פסיביים. מבנים מחזוריים. מיזר המיקרוגל.

מקורות:

1. Collin, R.E. Foundations for Microwave Engineering. 2nd ed. IEEE Press, 2001.
s.n. 2268714, s.n.2122625.
2. Pozar, D.M. Microwave Engineering. 3rd ed. Wiley, 2005.
s.n. 2258561 – 3rd ed., 2005.
s.n. 2189023 – 2nd ed., 1998.
3. Harrington, R.F. Time – Harmonic Electromagnetic Fields. IEEE, 2001.
s.n. 2254992; s.n. 212204-1961.
4. Collin, Robert E. Field Theory of Guided Waves. 2nd ed. IEEE Press, 1991.s.n.2100691.
5. Schachter. L. Microwave Lecture Notes. Technion, 2009.
<http://webee.technion.ac.il/people/schachter/Teaching/microwaves-locked.p>

2 ^{ה'} , 1 ^{ת'} (3 נקודות)	י. יעיש	עקרונות פיזיקליים של התקני מל"מ	046225
---	----------------	--	---------------

מקצוע קדם:

044124 אלקטרוניקה פיזיקלית ו-044127 יסודות התקני מוליכים למחצה ו-114073 פיסיקה 3^{ח'}
או

044125 יסודות התקני מוליכים למחצה מ' ו-114073 פיסיקה 3^{ח'}
או

044127 יסודות התקני מוליכים למחצה ו-115203 פיסיקה קוונטית 1
או

044125 יסודות התקני מוליכים למחצה מ' ו-115203 פיסיקה קוונטית 1

מקצוע דומה:

046224- יסודות התקני מל"מ.

סיווג מתכת/מל"מ/ מבודד ומודל אטום המימן לסיגים.
ריכוז נושאי מטען בשיווי משקל כתלות בטמפרטורה.
תהליכי התאחדות.
משוואת הרציפות וקוואזי נייטרליות.
קוואזי רמת פרמי.
צומת PN זרמי התאחדות וגרציה, מנגנוני פריצה.
צומת מתכת- מל"מ בשיווי משקל ובממתח.
תופעות תלויות זמן.

Classification into metal

Semiconductor insulator and the hydrogen atom model for dopants.

Charge carrier concentration as function of temperature under equilibrium.

Recombination reprocesses.

The continuity equation and quasi-neutrality .

Quasi fermi levels.

PN junction

Generation recombination currents, and breakdown mechanisms.

Metal semiconductor junction under equilibrium and under bias.

Transient phenomena.

תוצאות למידה

הבנה עקרונית של התהליכים הפיסיקליים המתרחשים במוליכים למחצה ומשפיעים על אופי פעולה של התקני מל"מ.

הכרות עם ההנחות שמאפשרות יכולות חישוב וסימולציה של התקני מל"מ.
יכולת הבנה וניתוח של תוצאות מדידה חשמליות בסיסיות של התקני מל"מ.

Result of learning:

Understanding the physics of semiconductors that govern the operation of electron devices.

Familiarity with the basic assumptions that allow for simulations and calculations of device physics, and some electrical characterization techniques of electron devices.

מקורות:

1. Pierret, R.E. Advanced Semiconductor Fundamentals. 2nd ed. Prentice-Hall, 2003. s.n. 2248908 - 2nd ed., 2003. s.n. 2067323 - 1st ed., 1987.
2. Streetman, B.G., Banerjee, S. Solid State Electronic Devices. 6th ed. Prentice-Hall, 2006. s.n. 2274392 - 6th ed., 2006. s.n. 2216624 - 5th ed., 2000.
3. McKelvey, J.P. Solid State and Semiconductor Physics. Krieger, 1984. s.n. 213434, s.n. 2001625.
4. McKelvey, J.P. Solid State Physics for Engineering and Materials Science. Krieger, 1993. s.n. 2229416.
5. Smith, R.A. Semiconductors. 2nd ed. Cambridge Univ. Press, 1978. s.n. 227995.
6. Sze, S.M. Physics of Semiconductor Devices. 3rd ed. Wiley, 2007. s.n. 2284483 - 3rd ed., 2007. s.n. 205744 - 2nd ed., 1981. 2279420

046230	<u>התקנים אלקטרוניים מתקדמים</u>	<u>ד. ריטר</u>	ה2, ה1' (3 נקודות)
--------	----------------------------------	----------------	-----------------------

לא יינתן השנה

עקרון הפעולה של צמתים מעורבים, והשימוש בהם ובהתקנים שונים: טרנזיסטורים מהירים, טרנזיסטורים להספק גבוה, ולייזרים. חזרה על עקרונות הפעולה של טרנזיסטור ביפולרי, טרנזיסטורים ביפולריים בעלי צומת מעורב. טרנזיסטורי הספק עכשוויים מבוססי סיליקון. תופעת impact ionization. מוליכים למחצה חדשים סיליקון קרביד ויהלום. התקני זכרון חדשים שאינם מבוססי cmos. שימוש בסימולציית התקנים.

תוצאות למידה

עם השלמת הקורס בהצלחה: הסטודנט:

1. יכיר התקנים אלקטרוניים שאינם cmos ונמצאים בשימוש או בפיתוח ויבין את עקרון הפעולה שלהם.
2. ידע להשתמש בתוכנת סימולציית התקנים.
3. יכיר וידע לנתח תופעות פיסקליות הרלוונטיות להתקנים אלו.

will not be given the year

Principle of Operation of Heterojunctions and Their Applications: Fast Transistors, Power Transistors and Lasers. Review of Principle of Operation of Bipolar Transistors. Heterojunction Bipolar Transistor. Silicon Power Devices. Physics of Impact Ionization. New Semiconductors- Silicon Carbide and Diamond. New Non-Cmos Memory Technologies. Device Simulation Software.

Learning Outcomes

At the End of the Course, the Student Will:

1. Get Acquainted with and Understand the Principle of Operation of Current and Emerging Non Cmos Electron Devices.
2. Learn How to Use Device Simulation Software.
3. Understand Physical Phenomena Related to Electron Devices Described.

046232	<u>פרקים בנוו - אלקטרוניקה</u>	<u>י.יעיש</u>	2 ה', 1 ת' (3 נקודות)
--------	--------------------------------	---------------	--------------------------

מקצוע קדם:

046241- מכניקה קוונטית או,
115203 - פיסיקה קוונטית 1

וגם

044129 - מבוא לפיסיקה של מצב מוצק או,
114217 - פיסיקה של מצב מוצק.

סקלות אורך אופייניות במוצקים, תורת לנדאוור (שימושים: קוואנטיזציה של הולכה, אפקט הול הקוואנטי), פאזות גיאומטריות (ברי, אהרונוב - בוהם), תהליכי התאבכות והריסתם, אינטראקציות אלקטרון-אלקטרון, לוקליזציה ופלקטואציות בהולכה, גז האלקטרונים הדו - מימדי, נקודות קוונטיות ומחסום קולומב, מחשוב קוואנטי.

מקורות:

1. Ferry, D.K., Goodnick, S.M. Transport in Nanostructures. Cambridge Univ. Press, 1997. s.n. 2204755.
2. Imry, Y. Introduction to Mesoscopic Physics. 2nd ed., Oxford Univ. Press, 2002. s.n. 2241028 - 2nd ed., 2002. s.n. 2183086 - 1st ed., 1997.
3. Datta S. Electronic Transport in Mesoscopic Systems. Cambridge Univ. Press, 1995. s.n. 2199290.

046235	<u>התקני הספק משולבים</u>	<u>ד.ריטר</u>	2 ה', 1 ת' (3 נקודות)
--------	---------------------------	---------------	--------------------------

לא יינתן השנה

נושאים: אפליקציות להתקני הספק משולבי, cmos תזרים הייצור של פלטפורמה משולבת. מנגנוני פריצה. רכיבי הספק פאסיביים ואקטיביים ועקרונות פעולתם: thyristor, pin, טרנזיסטור הספק ביפולרי, התקן mos להספק. boost-buck, dems, ldmos igtbt, מעגלי ניהול הספק בסיסיים. מעגלי ניהול הספק משולבים: שיקולים וחלופות לפיתוח soc לעומת תכנון board לרכיבים בדידים ldmos. משולב cmos "גבול הסיליקון עקומת rdson- bv ועקרונות פריצתה", "צמתות-על, resurf, "מערכות power-rt משולבות cmos. מנגנוני כשל ו. soa. ססיכוד רעשים נעילה (latchup) ו esd בפלטפורמות התקני הספק משולבות עם מעגלים אנלוגיים ודיגיטליים.

Will not be given the year

Topics: Integrated Cmos Power Applications. Integrated Power Managment Platform Process Flow. Integrated Passive and Active Power Devices and Principles of Operation: Pin Diode, Thyristor, Power Bipolar Transistor, Power Mosfet, Ldmos, Demos, Igtbt. Basic Power Circuit Concepts: Boost Buck Converters. "System on Chip" Power Ic Vs Board Solution. Integrated Ldmos Devices. the Silicon Limit and Rdson Bvdss Curves. Breaking the Silicon Limit. Resurf, Field Plates and Superjunctions Integrated Rf Power Failure Mechanisms and Safe Operating Area. Noise Isoaltion, Latchup Prevention and Esd in Power Management Platforms Integrated with Analog and Digital Circuits.

046237	<u>מעגלים משולבים - מבוא ל- VLSI</u>	<u>א. מעיין</u>	2 ה', 1 ת' (3 נקודות)
--------	--------------------------------------	-----------------	--------------------------

מקצועות קדם:

044147 - מעגלי מיתוג אלקטרוניים
236354 - תכנון מעגלי וי.אל.אס.אי.

נושאי הלימוד:

- שיקולים בתיכון מעגלי VLSI בטכנולוגית MOS.
- עריכה גיאומטרית וחוקי תיכון ב-NMOS.
- מתודולוגיות בתיכון מעגלים משולבים : לוגיקה אקראית, תיכון מבני PLA.
- מעגלי זיכרון ב-MOS.
- מעגלים משולבים בטכנולוגית CMOS.
- מעגלים משולבים בטכנולוגיה ביפולרית.
- שיקולי תיכון של מעגלים אנלוגיים-משולבים.
- עזרי מחשב בתיכון VLSI.
- מערכי שערים, תאים סטנדרטיים, מעגלים יחודיים.
- כווני התפתחות בהנדסת VLSI.

סילבוס באנגלית:

Integrated Circuits – Introduction to VLSI (046237)

This course will provide a solid basis and sufficient knowledge to deal with practical digital circuit of VLSI systems in state of the art CMOS technologies.

Emphasis is on circuit design aspects of VLSI circuits for use in applications such as micro – processors, signal processors memories. For example, circuit architectures, circuit simulations & optimization, design pitfalls, design trade-offs, design robustness & reliability, process impact, and layout.

Attention is also given to important challenges facing digital circuit designers such as the impact of process technology scaling, submicron effects, interconnect, signal integrity, power consumption, timing design complexity and design efficiency. All presented from a practical circuits and system design perspective.

The course topics include:

- VLSI Design – introduction + future prospects.
- Scaling, Modeling & Delay models.
- CMOS Manufacturing process.
- Layout
- Circuit Simulations, process variations' Design Flow
- Combinational Circuits Design – Logic Families
- Dynamic Logic
- Other high speed logic architectures, both static and dynamic
- Optimisation for speed
- Low power Design & Voltage Scaling
- Timing Concepts Synchronous elements and synchronous design.
- Clock & power distribution.
- Semiconductor Memories.
-

מקורות:

1. Weste, N. H. E., Harris, D. F. CMOS VLSI design: a circuits and systems perspective. 3rd ed. Addison Wesley, 2005.
s.n. 2273032 – 3rd ed., 2005.
s.n. 2151035 – 2nd ed., 1993.
2. Rabaey, Y. Digital Integrated Circuits: A Design Perspective. 2nd ed. Prentice-Hall, 2002.
s.n. 2264129 – 2nd ed., 2002.
s.n. 2207265 – 1st ed., 1996.

מטרת המעבדה להקנות ידע מעשי בהקשר לרכיבים אלקטרוניים המבוססים על חומרים מולקולריים. המעבדה תכלול: עקרונות פעולה של התקנים מולקולריים מסוג טרנזיסטור. ידועה פולטת אור צבעונית ותא סולרי.

046241	<u>מכניקה קוונטית</u>	<u>א. בוקס</u>	ה'2, ת'1 (3 נקודות)
--------	-----------------------	----------------	------------------------

לא יינתן השנה

הנושאים: יסודות המכניקה האנליטית, לגרנגיאן והמילטוניאן, מבוא מתמטי למרחבי הילברט, מקום ותנע, דינמיקה קוואנטית, אוסצילטור הרמוני, תנע זוויתי, מערכת ספין 1/2, אטום המימן, שיווי משקל תרמי, תורת ההפרעות הבלתי תלויה בזמן.

Will not be given the year

Topics: Hamilton'S Formalism of Classical Physics, Lagrangian and Hamiltonian, Hilbert Spaces, the Displacement and Momentum Operators, Quantum Dynamics, Harmonic Oscillator, Angular Momentum, Spin 1/2, Thermal Equilibrium, Time Independent Perturbation Theory.

046242	<u>פיסיקה סטטיסטית, תנודות ורעש</u>	<u>א.בוקס</u>	ה'2, ת'1 (3 נקודות)
--------	-------------------------------------	---------------	------------------------

מקצועות קדם:

044124 אלקטרוניקה פיסיקלית ו- 114073 פיסיקה ח3 ו-104034-מבוא להסתברות

מקצועות צמודים:

046202-אותות אקראיים

מקצועות דומים:

114016-מבוא לתרמו' ופיסיקה סטטיסטית

מבוא; תורה קינטית ופלוג מקסוול; פיסיקה סטטיסטית בסיסית; פילוג פרמי-דירק; פילוג בוז-איינשטיין; אינטראקציות ומעברי פאזה; רטט במוצקים; פלקטואציות, דינמיקה סטוכסטית ורעש במעגלים ובהתקנים; הקשר לתורת האינפורמציה.

מקורות:

1. A. H. Beck, Statistical mechanics, fluctuations and noise, Edward Arnold Pub., 1976.
2. C. Kittel, Elementary statistical physics, John Wiley & Sons, 1958.
3. F. Reif, Fundamentals of statistical and thermal physics, McGraw-Hill, 1965.
4. F. Mandl, Statistical physics, John Wiley & Sons, 1971.
5. M. Kardar, Statistical physics of particles, Cambridge University Press, 2007.
6. R. K. Pathria, Statistical mechanics, Elsevier, second edition, 1996.

046244	<u>תופעות גלים</u>	<u>א. בוקס</u>	ה'2, ת'1 (3 נקודות)
--------	--------------------	----------------	------------------------

לא יינתן השנה

תופעות גלים בסיסיות (חזרה). קרוב האופטיקה הגיאומטרית: גישת Luneburg-Kline. שיטות ניתוב. דוגמאות יישום לתכנון מערכות אופטיות ותאור תהליכי התפשטות ופיזור בתדרי רדיו ומיקרוגל. אופטיקה גיאומטרית לדיפרקציה (gtd): מושגי יסוד ודוגמאות יישום. קרוב האופטיקה הפיסיקלית: תאור וקטורי וסקלרי. הנחות קירהוף וריילי-סומרפלד. תאור העקיפה בעזרת סופרפוזיציה ספקטרלית של גלים מישוריים. עקיפת פראונהופר ופרנל. מושג האלומה. דוגמאות יישום. עקרונות אופטיקה פוריה ואנלוגיה לתורת המערכות הלינאריות: תכונות פורייה של עדשות דקות. סינון מרחבי עיבוד אותות אופטי. שיטות פתרון חישוביות, מומנטים. היבטים אקראיים בתורת הגלים: מונחי יסוד. פיזור מסריגים.

Will not be given the year

Basic Wave Properties (Review). the Approximation of Geometrical Optics: the Luneburg-Kline Approach. Ray Tracing. Geometrical Theory of Diffraction. Applications at Optical and Microwave Frequencies. the Approximation of Physical Optics: Scalar and Vector Theories. the Kirchhof and the Rayleigh-Sommerfeld Assumptions. Spectral Superposition of Plane Waves. Fraunhofer and Fresnel Diffraction. Beams. the Principles of Fourier Optics and Its Systems Analogy. Fourier Properties of Thin Lenses. Spatial Filtering. Optical Data Processing. Holography. Partial Coherence: Basic Principles.

3 ה', (3 נקודות)	<u>א.רוזנטל</u>	<u>מערכות אלקטרו-אופטיות</u>	046249
---------------------	-----------------	------------------------------	--------

מקצועות קדם:

044148 - גלים ומערכות מפולגות או,

114210 - אופטיקה

מקצועות צמודים:

044339 - אלקטרואופטיקה,

עיבוד אותות אופטי: מערכות של אופטיקה קוהרנטית. התמרת פורייה אופטית והדמייה. הולוגרפיה וסינון מרחבי. תיאוריית הקוהרנטיות. מערכות משולבות דיגיטליות- אופטיות. שיטות ומערכות למדידות אופטיות: אינטרפרומטריה. אינטרפרומטריה הולוגרפית. מד טווח. לייזר- גירוסקופ.

סילבוס באנגלית:

Optical signal processing: coherent optical fourier transform and imaging. Holography and spatial filtering optical signal processing theory of coherence. Hybrid optical digital systems. Optical measuring methods and systems: interferometry. Holographic interferometry. Range finder. Optical gyroscope.

מקורות:

1. Shamir, J. Optical Systems and Processes. SPIE Press, 1999. s.n.2203436.
2. Goodman, J.W. Introduction to Fourier Optics. 3rd ed. Roberts, 2005.
s.n. 2274873 – 3rd ed., 2005
s.n. 2164993 – 2nd ed., 1996.
s.n. 2648 – 1st ed., 1968.

2 ה', 1 ת' (3 נקודות)	<u>אי לינאריות ומבנים מחזוריים בפוטוניקה</u>	046250
--------------------------	--	--------

לא יינתן השנה

התפשטות אור במבנים מחזוריים, דיספרסיה, התפשטות פולסים בתווכים דיספרסיביים, אפקט אקוסטו-אופטי ומגנטו-אופטי, מבוא לאופטיקה לא לינארית, התפשטות גלים בתווכים לא לינאריים, ערוב גלים והכפלות תדר, סוליטוניים אופטיים, שימושים באופטיקה לא לינארית.

Will not be given the year

Lightwave Propagation in Periodic Structures, Dispersion, Pulse Propagation in Dispersive Media, Acoustic Optic and Magnetic Optic Effects, Introduction to Nonlinear Optics, Propagation in Nonlinear Media, Wave and Frequency Mixing, Optical Solitons, Applications of Nonlinear Optics.

2 ה', 1 ת' (3 נקודות)	<u>א.אפשטיין</u>	<u>אנטנות וקרינה</u>	046256
--------------------------	------------------	----------------------	--------

מקצועות קדם:

044148 - גלים ומערכות מפולגות

האנטנה מהווה מרכיב חשוב בכל מערכת קליטה ושידור אלחוטית. בשידור מספקת האנטנה את המעבר בין גל מודרך נושא אינפורמציה, המגיע לאנטנה מהמשדר באמצעות מוביל-גלים, לגל מרחבי. בקליטה מספקת האנטנה את המעבר בין גל מרחבי נושא אינפורמציה לגל מודרך המועבר באמצעות מוביל-גלים למקלט.

מקורות:

1. Balanis, C.A. Antenna Theory: Analysis and Design. 3rd ed. Wiley, 2005.
s.n. 2266445 - 3rd ed., 2005.
s.n. 2172913 - 2nd ed., 1997.
2. Elliott, R.S., Antenna Theory and Design. Rev.ed. IEEE Press, 2003.
s.n. 2251867 – 2003, s.n. 204233.
3. Kraus, R.S., Marhefka, R.J. Antennas for all Applications. 3rd ed. McGraw-Hill, 2002.
s.n. 2245409 - 3rd ed., 2002.
s.n. 2062883 - 2nd ed., 1988.
4. Stutzman, W.L., Thiele, G.A. Antenna Theory and Design. 2nd ed., Wiley, 1998.
s.n. 2189294 – 2nd ed., 1998.
s.n. 2165 – 1st ed., 1981.
5. Collin, R.E. Antennas and Radiowave Propagation. McGraw-Hill, 1985.
s.n. 2011548.

046265	ארכיטקטורות ומעגלים בשילוב ממריסטורים	ש. קוטינסקי	2 ה' ת' (3 נקודות)
--------	--	--------------------	-----------------------

דרישות קדם:

044252 מערכות ספרתיות ומבנה המחשב ו-044137 מעגלים אלקטרוניים
או
044252 מערכות ספרתיות ומבנה המחשב ו-044147 מעגלי מיתוג אלקטרוניים

סילבוס

הקורס עוסק בהשפעה של טכנולוגיות חדישות על מערכות וארכיטקטורות. במהלך הקורס יידונו ממריסטורים - רכיבי זיכרון חדישים - בשלל רבדים כולל רמת הרכיב הבודד, התאוריה שמאחורי ממריסטורים והשימוש בממריסטורים כזכרונות לא נדיפים. כמו כן יתוארו השימושים בממריסטורים ביישומים ייחודיים כגון מעגלים לוגיים, רשתות נוירונים ומעגלים אנלוגיים וייסקרו ההשלכות של שימוש בממריסטורים על ארכיטקטורת מחשבים, כולל ארכיטקטורות במכונות שאינן מכונת פון-נוימן בנוסף יילמדו המשמעויות של שימוש בממריסטורים בתחומים מגוונים כגון תורת הקידוד ואבטחה.

מקורות:

מאמרים מהספרות השוטפת.

תוצאות למידה:

1. יכולת ניתוח ההשפעה של טכנולוגיה על מערכת.
2. הבנת פעולת הממריסטורים בתאוריה ובמעשה ויכולת מעשית לפתח מודלים שונים.
3. כלים מעשיים לתכנון מעגלים המשולבים בממריסטור.
4. הכרות עם המשמעויות הארכיטקטוניות של שילוב ממריסטורים במחשבים.
5. הכרות עם מגוון נושאי המחקר בתחומים

הרכב הציון:

הציון יתבסס על תרגילי בית, הצגת מאמר בכיתה ובחינה. אפשרות לפרוייקט גמר כתחליף לבחינה.

שם הקורס באנגלית

Advanced Circuits and Architectures with Memristors

English Syllabus

סילבוס באנגלית:

THE COURSE DEALS WITH THE INFLUENCE OF NOVEL TECHNOLOGIES ON SYSTEMS AND ARCHITECTURES THE COURSE COVERS DIFFERENT TOPICS RELATED TO MEMRISTORS INCLUDING DEVICE PHYSICS, THEORY AND MODELING.

MEMRISTIVE NON VOLATILE MEMORY IS COVERED, INCLUDING CIRCUIT DESIGN AND CODING THEORY.

ADDITIONALLY, THE USE OF MEMRISTORS FOR DIFFERENT APPLICATIONS SUCH AS LOGIC AND ANALOG CIRCUITS, SECURITY, AND NEUROMORPHIC COMPUTING IS COVERED.

THE IMPLICATIONS OF THESE APPLICATIONS ON COMPUTER ARCHITURES ARE DISCUSSED, INCLUDING FOR NON-VON NEUMANN MECHINES

Learning Outcome

1. UNDERSTANDING THE IMPLICATIONS OF TECHNOLOGY ON DIFFERENT SYSTEMS.
2. UNDERSTANDING THE BEHAVIOR OF MEMRISTORS AND PRACTICAL DEVELOPING SKILLS FOR DEVICE MODELS.
3. PRACTICAL KNOWLEDGE IN CIRCUIT DESIGN WITH MEMRISTORS.
4. UNDERSTANDING THE IMPLICATIONS OF MEMRISTORS ON COMPUTER ARCHITECTURE.
5. UNDERSTANDING STATE-OF-THE-ART RESEARCH RELATED TO MEMRISTORS

Tentative Syllabus

1	Background and theory
2	Device theory
3	Device modeling
4	Device physics and fabrication
5	Memory
6	Memory
7	Logic circuit design
8	Logic in-memory architecture
9	Memory intensive architectures
10	Neuromorphic computing
11	Nonlinear Circuits
12	Information and coding theory
13	Security

2, ה', ת' (3 נקודות)	<u>א. זקס</u>	<u>שיטות הידור (קומפילציה)</u>	046266
-------------------------	---------------	--------------------------------	--------

מקצועות קדם:

234118 – ארגון ותכנות המחשב

מקצועות ללא זיכוי נוסף:

236360 – תורת הקומפילציה

סילבוס בעברית:

שפות ודקדוק, מבנה מהדר, שיטות בסיסיות לפריסה. תרגום מכוון על ידי תחביר. טבלת סמלים. ארגון בזמן ריצה. יצירת קוד. אופטימיזציה מקומית וגלובלית.

English syllabus:

Language and grammar. The structure of a compiler. Basic parsing technique. Syntax directed translation. Symbol tables. Runtime and global code optimization.

תוצאות למידה:

ללמד כיצד מהדרים מתרגמים תכניות הכתובות בשפות תכנות לתכניות שקולות בשפות סף, על השלבים השונים, האתגרים, שיטות אופטימיזציה לניצול יעיל של מעבדים, ושימוש בכלים.

כתוצאה מהלמידה הסטודנטים יהיו מסוגלים לבנות מהדר המתרגם תכונות כתובות בשפה דמויית C עם מבני בקרה, קירות לפונקציות ועוד, לתכנית שקולה בשפת ביניים דמויית שפת סף, ולהריץ את התכונות המתקבלות בעזרת סימולטור יעודי כחלק אינטגרלי מהקורס.

Result of Learning:

To teach how compilers translate programs written in programming languages into equivalent programs written in assembly. Including the different stages, challenges, optimization methods for efficient use of processors, the use of tools.

As a learning outcome students will be able to build a compiler that translates from C-like languages with control-flow statements, function calls and more, into equivalent programs of assembly-like or intermediate languages, run the compiled programs using a designated simulator, as an integral part of the course

מקורות:

Aho, A.V., Sethi, R., Ullman, J.D. Compilers: Principles, Techniques, and Tolls. 2nd ed. Addison – Wesley, 2007.

s.n. 2293305 - 2nd ed., 2007.

s.n. 2003115 – 1st ed., 1986.

046267	<u>מבנה מחשבים</u>	<u>פ.גבאי</u>	ה2, ה1' (3 נקודות)
--------	--------------------	---------------	-----------------------

מקצועות קדם:

044262 - תכן לוגי ומבוא למחשבים

מקצוע צמוד:

104034 - מבוא להסתברות ח'

094411 / 094412 - הסתברות מ'

מדדי ביצועים והקשר בינם לבין ארכיטקטורות, שיטות למדידת ביצועים. זיכרון היררכי, זיכרון וירטואלי, ארגון הזיכרון הראשי. ארגון ובקרת המעבד למיקבול ביצוע תוכניות: צינור, Out of order execution, חיזוי קפיצות וביצוע ספקולטיבי של פקודות, פריסת לולאות וצינור בתוכנה, Multi-, VLIW, Superscalar, threading, ריבוי ליבות. קלט/פלט: מערכת האיחסון, תקשורת ופסיקות. התפר חומרה- מערכת הפעלה.

Performance measures and their effect on architecture, performance measurement, hierarchical memory, virtual memory, memory organization. Processor organization and control for parallel execution: pipelining, Out Of Order execution, branch prediction and speculative execution, loop unrolling and software pipelining, superscalar, VLIW, multi- threading, multi- core, Input/Output: storage and communication subsystems, interrupts. The software - OS boundary.

מקורות:

Hennessy, J.L., Patterson, D.A. Computer Architecture: A Quantitative Approach. 4th ed., Morgan Kaufmann, 2006.

s.n. 2285679 - 4th ed., 2006.

s.n. 2243749 – 3rd ed., 2003.

046268	<u>הנדסת מעבדי מחשב</u>	ה2 ת1 (3 נקודות)
--------	-------------------------	---------------------

לא יינתן השנה

שיטות תכנון ומימוש מעבדים. גישה קונסטרוקטיבית לתכנון חומרה, צורות תכנון חומרה כגון טרנסאקציות אוטומיות ומעבר מצבים במודולי חומרה. מבנה מימוש רכיבי מעבדים כגון alu מצונר, מיקרו ארכיטקטורות מסוג in order, זכרונות מטמון (blocking vs. non blocking) ומנגנוני branch prediction. בקורס תילמד שפת bluespec שהיא שפת עילית למימוש וסינטזה של חומרה.

תוצאות למידה

בסיום הקורס הסטודנט

1. ייחשף לצדדים המעשיים במימוש מעבדים ולאספקטים מימושיים המשפיעים על ביצועי המעבד.
2. ידעו כיצד לתרגם את הנושאים הנלמדים בספרי הלימוד הקלאסיים לרכיבים עובדים ע"י לימוד

טכניקות מימוש והתנסות בהן.
3. ידעו את שפת bluespec system verilog השייכת לדור חדש של שפות תכנון חומרה.

Will not be given the year

Practical Aspects of Microprocessor Design Methodologies and Implementation. Design Methodologies Such as Guarded Atomic Transactions and Intra Module State Transfers. Combinational and Pipelined Alus, in Order Pipelined Microarchitectures, Branch Prediction, and Caches. the Course Will Also Teach the Bluespec High Level Hdl for Implementing and Synthesizing Hardware.

Learning Outcomes

At the End of the Course the Student Will Be

1. Exposed to Practical Aspects and Problems Arising When Implementing Real Processors.
2. Understand How to Break the Concepts Taught in Introductory Classes and Textbooks Into Real Working Components.
3. Know Concepts in the New Generation of High Level Hardware Description Languages (Hdls) by Learning the Bluespec System Verilog.

2 ה' (2 נקודות)	<u>י. משה</u>	<u>תכנות ותכן מונחה עצמים</u>	046271
-----------------	---------------	-------------------------------	---------------

מקצוע קדם:

- 044101 – מבוא למערכות תכנה או;
- 234122 – מבוא לתכנות מערכות;
- 044263 – מבוא למבני נתונים ואלגוריתמים או;
- 234218 – מבני נתונים

מקצוע דומה:

- 236703 – תכנות מונחה עצמים

סילבוס בעברית:

הקורס עוסק במתודולוגיות מודרניות לבניית מערכות תוכנה. חלקו הראשון של הקורס מוקדש לעקרונות מתקדמים לבניית רכיבי תוכנה נפרדים בגישה מונחית עצמים (object oriented). חלקו השני של הקורס עוסק בתכן ובמימוש תוכניות בינוניות וגדולות תוך שימוש במתודולוגיות הנדסת תוכנה. בחלק זה מוצג גם הרעיון של design pattern. בקורס נעשה שימוש בשפת Java ובשפת UML כדי להדגים ולתרגל את כל האמור לעיל.

English syllabus:

The course deals with modern methodologies for constructing software systems. The first part of the course is devoted to issues that arise in building individual program modules and to advanced Object Oriented Programming concepts. The second part of the course is concerned with how to design and implement medium and large programs using software engineering design methodologies. In this part, the concept of design patterns is also introduced. The Java programming language and the UML language are used in order to exemplify and practice all the above.

תוצאות למידה:

- בתחילת הקורס סטודנטים מסוגלים:
 - לכתוב לוכניות קצרות
 - בסיום הקורס הסטודנטים:
 - יהיו מוכנים לתכנן ולממש מערכות תוכנה מורכבות
 - יכירו מטודולוגיות לתכן וניתוח
 - יכירו את שפת התכן UML
 - ילמדו להכיר תבניות תכן
 - יכירו שיטות התמעה של תוכנה ובדיקות
 - יהיו מסוגלים לנתח תוכניות ותכן של מערכות מורכבות
 - ילמדו לתעד תוכנה
 - ילמדו לעבוד בצוות

Result of learning:

- On entry you should
 - Be able to write small programs
 - Sets, inductive arguments
- On exit you should
 - Be able to design and implement large software systems
 - Gain deep familiarity with analysis and design methods
 - Gain proficiency in UML and design patterns
 - Understand software development: Process, Problems, Principles

- Be able to write excellent medium size programs
- Be able to think rigorously about such programs
- Know how to test and document software
- Work effectively as a member of team
- Know something about best practice in industry.

מקורות:

1. Liskov, B., Guttag, J. Program Development in Java: Abstraction, Specification, and Object Oriented Design. Addison – Wesley, 2001. s.n. 2243117.
2. Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software. Gamma, E. [et al.]. Addison – Wesley, 1995. s.n.2163845.
3. Campione, M., Walrath, K., Huml. A. The Java Tutorial: a Short Course on the Basics. 3rd ed., Addison – Wesley, 2001. s.n.2219314.
4. The Java Tutorial: A Short Course on the Basics. Zakhour, S. et al. Addison-Wesley, 2006. s.n. 2298680.
5. Eckel, B. Thinking in Java. 4th ed. Prentice-Hall, 2006.
s.n. 2280290 - 4th ed., 2006
s.n. 2251540 – 3rd ed., 2003.
6. Fowler, M. UML Distilled: A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language. 3rd ed., Addison – Wesley, 2004.
s.n. 2255632 – 3rd ed., 2004.
s.n. 2224963 – 2nd ed., 2000.
7. Larman, C. Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and the Unified Process. Prentice-Hall, 2002. s.n. 2247747.
8. Meyer, B. Object-oriented Software Construction. 2nd ed. Prentice-Hall, 1997. s.n. 2164088.
9. Rumbaugh, J. The Unified Modeling Language Reference Manual. 2nd ed. Addison-Wesley, 2005. s.n. 2287374.

2 ה', 1 ת' (3 נקודות)	<u>ע.קידר</u>	<u>מערכות מבוזרות: עקרונות</u>	046272
--------------------------	---------------	--------------------------------	--------

לא יינתן השנה

נושאים בתכנון מערכות מבוזרות והעקרונות העומדים בבסיסן תוך הדגשת אמינותן, ומיקוד על מודלים של העברת הודעות. הנושאים העיקריים שילמדו הם: בעיית הקונצנזוס, גלאי נפילות, שידור אטומי, שכפול בעזרת מכונת מצבים, תקשורת קבוצתית, מערכות קוואורום ומערכת "שותף - לשותף" (peer-to-peer).

Will not be given the year

Issues on Design of Distributed Systems, and the Principles Underlying Them with An Emphasis on Fault Tolerance. Focus Will Be Put on Message-Passing Non-Synchronous System Models. Main Topics: Consensus, Failure-Detectors, Atomic Broadcast, State-Machine Replication, Group Communication, Quorum and Peer-to-Peersystems.

2ה', 1ת' (3 נקודות)	<u>מר ח.גזית</u>	<u>תכנות פונקציונאלי מבוזר</u>	046273
------------------------	------------------	--------------------------------	--------

מקצועות קדם:

044101 – מבוא למערכות תכנה

234122 – מבוא לתכנות מערכות

מקצועות צמודים:

046209- מבנה מערכות הפעלה או 234123- מערכות הפעלה

יסודות התכנות הפונקציונאלי וטכניקות בסיסיות בחישוב מבוזר, שפת ארלנג ERLANG- שפת תכנות פונקציונאלית עם תמיכה מובנית בתכנות מערכות מערכות מבוזרות. עקרונות התכנות הפונקציונאלי ותחשיב למדה- פונקציות, רקורסיה, שערך עצל. טיפוסים דינמיים. מודל CSP לתכנות מבוזרות. ניתוח נכונות תוכנה. מודל-שרת לקוח. שמירת מידע קבוע PERSISTANT. עמידה בנפילות וטכניקות שכפול. מודלים נוספים לתכנות מבוזר: MAP-REDUCE, ממשק MPI להעברת הודעות וסנכרון עם מחסומים BARRIERS, חישובי STREAMING.

מקורות:

1. J. Armstrong, Programing Erlang: Software for a concurrent world, Pragmatic Bookshelf, 2007.

046274	<u>נושאים נבחרים בהנדסת מחשבים</u>	ה'2 (2 נקודות)
--------	------------------------------------	-------------------

לא ינתן השנה

נושאים: תכנות מעבדים מרובה מקביליות. הסילבוס המפורט יקבע ע"י המרצה והוועדה בפקולטה, במועד בו ינתן הקורס.

Will not be given the year

Topics: Current Topics in Programming Massively Parallel Processors. a Detailed Outline Will Be Provided by the Lecturer and the Faculty Committee Prior to the Semester in Which the Course Is Taught.

046275	<u>תרגום ואופטימיזציה דינמיים של קוד בינארי ג. הבר</u>	ה'1 (3 נקודות)
--------	--	-------------------

מקצועות קדם:

044262 - תכן לוגי

או

234118 - את"מ

בקורס יילמדו עקרונות של תרגום ואופטימיזציה דינמיים של קוד בינארי, אשר נפוצים בעולם המחשוב המודרני. עקרונות אלו כוללים: תרגום דינמי מול סטאטי, תרגום מלא אל מול תרגום חלקי, ניהול מטמון התרגום הבינארי, זיהוי דינמי של נקודות חמות בקוד, ייצוגי ביניים וטרנספורמציות על קוד, ניתוח קוד דינמי, סוגים עיקריים של אופטימיזציה דינמית, ניטור דינמי.

מקורות

מאמרי סקירה מרכזיים

1. Ebcioğlu, Kemal, Erik Altman, Michael Gschwind, and Sumedh Sathaye. "Dynamic binary translation and optimization." *Computers, IEEE Transactions on* 50, no. 6 (2001): 529-548.
2. Ung, David, and Cristina Cifuentes. "Machine-adaptable dynamic binary translation." In *ACM SIGPLAN Notices*, vol. 35, no. 7, pp. 41-51. ACM, 2000.

3. Nethercote, Nicholas, and Julian Seward. "Valgrind: a framework for heavyweight dynamic binary instrumentation." In *ACM Sigplan notices*, vol. 42, no. 6, pp. 89-100. ACM, 2007.
4. Gschwind, Michael, et al. "Dynamic and transparent binary translation." *Computer* 33.3 (2000): 54-59.
5. Pin manual: <https://software.intel.com/sites/landingpage/pintool/docs/71313/Pin/html>

תוצאות למידה:

הסטודנטים ילמדו שיטות מודרניות לניתוח ואופטימיזציה דינמיים של תוכנה. שיטות אלו נפוצות בכל עולם המחשוב, החל מתרגום של תוכנה בינארית במכונות וירטואליות בענן ובמחשוב הנייד, ועד אופטימיזציה דינמית בשפות מודרניות המבוססות על הידור דינמי.

הציון ייקבע על פי ציוני תרגילי בית, פרויקט סיום ומבחן.

שם הקורס באנגלית : **Dynamic Binary Translation and Optimization**

Syllabus

The course teaches the main principles of dynamic binary translation and optimization, which are common in the modern computing world. These include: dynamic vs. static translation, full vs. partial translation, the dynamic translation cache and its management, hotspot detection, intermediate representations and code transformation, dynamic code analysis, main types of binary-level optimization, dynamic profiling.

Learning outcomes:

The students will learn modern methods for dynamic code analysis and optimization. Such methods are common throughout the software world - from dynamic binary translation in virtual machines in the cloud and mobile devices, to dynamic optimization in modern, dynamically compiled programming languages.

The course grade will include the grades for the home assignments, the final project and an exam.

2 ה', 1 ת'
(3 נקודות)

ד. זרקסלר כהן

הבטחת נכונות של תוכנה

046277

שם עברי מקוצר: נכונות של תוכנה

דרישות קדם:

או (044101 ו 044114 ו 046002) או

או (234124 ו 234247 ו 234292) או

או (044114 ו 046002 ו 234124) או

או (046002 ו 234124 ו 234292) או

או (044101 ו 044114 ו 234247) או

044114 ו 234124 ו 234247) או
044101 ו 234247 ו 234292) או
044101 ו 046002 ו 234292)

מקצועות קדם/מקצוע זהה/מקצועות ללא זיכוי נוסף/דרישות צמידות

סילבוס בעברית (עד 50 מילים, ניתן להוסיף בנוסף נושאי לימוד)

הקורס יציג שיטות באימות וניתוח של תוכנה וסינתזה של תוכנה: ניתוח סטטי, ניתוח זרימת מידע, ניתוח זרימת בקרה, סמנטיקה ביצועית, פירוש מופשט ותחומים נומריים, פותרי SAT/SMT, הרצה סימבולית, סינתזה של תוכנה, סינתזה מניייתית, תכנות ע"י דוגמאות, סינתזה מונחית דוגמאות נגדיות, קוד גדול.

מקורות:

ספר לימוד מס. 1

שם המחבר: NIELSON, NIELSON, AND HANKIN
שם הספר: PRINCIPLES OF PROGRAM ANALYSIS

מו"ל: SPRINGER
שנת הוצאה: 2005
הספר הינו ספר מומלץ.

ספר לימוד מס. 2

שם המחבר: NIELSON AND NIELSON

שם הספר: SEMANTICS WITH APPLICATIONS: A FORMAL INTRODUCTION
שנת הוצאה: 1992

מו"ל: WILEY
הספר הינו ספר מומלץ.

תוצאות למידה:

בסיום הקורס הסטודנט יהיה מסוגל:

1. להסביר שיטות שונות להבטחת נכונות של תוכנה.
2. להבין איך להשתמש בשיטות אלו עבור מערכות תוכנה מעשיות.
3. להבין את היתרונות המעשיים והמגבלות של השיטות השונות.

הרכב הציון: ייקבע עפ"י שיעורי בית ומבחן סופי

שם הקורס באנגלית CORRECTNESS GUARANTEES FOR SOFTWARE

English syllabus: עד 50 מילים, ניתן להוסיף בנוסף נושאי לימוד

THE COURSE WILL COVER METHODS IN VERIFICATION AND PROGRAM ANALYSIS AND CODE SYNTHESIS: STATIC ANALYSIS, DATA FLOW ANALYSIS, CONTROL FLOW ANALYSIS, OPERATIONAL SEMANTICS, ABSTRACT INTERPRETATION AND NUMERICAL DOMAINS, SMT/SAT SOLVERS, SYMBOLIC EXECUTION, PROGRAM SYNTHESIS, ENUMERATIVE SYNTHESIS, PROGRAMMING BY EXAMPLE, COUNTEREXAMPLE-GUIDED SYNTHESIS, BIG CODE.

Learning Outcomes:

THE STUDENT WILL BE ABLE TO:

1. EXPLAIN DIFFERENT METHODS FOR GUARANTEEING CORRECTNESS OF SOFTWARE.
2. UNDERSTAND HOW TO USE THESE METHODS FOR PRACTICAL SOFTWARE SYSTEMS.
3. UNDERSTAND THE PRACTICAL ADVANTAGES AND LIMITATIONS OF THE DIFFERENT METHODS.

מ.זילברשטיין 2 ה' 1 ת'
(3 נקודות)

046278 מאיצים חישוביים ומערכות מואצות

מקצועות קדם:

046209 - מבנה מערכות הפעלה וגם 046210 - מעבדה במערכות הפעלה או

234123 - מערכות הפעלה

046267 - מבנה מחשבים או

היקף הקורס: שעתיים הרצאה, שעה תרגול

הקורס עוסק בנושאים עיוניים ומעשיים של מערכות מחשב מבוססי מאיצים חישוביים כגון UPG ומתמקד בארכיטקטורות חומרה, מודלי חישוב, חיבור ואינטראקציה של מאיצים עם התקני קלט/פלט, אבסטרקציות תכנותיות ומערכת הפעלה, היבטים בבטיחות מערכת YTIUCES SMETSYS ותכן ומימוש מערכות המשלבות מאיצים.

תוצאות למידה:

1. הסטודנט יקבל כלים מעשיים לתכנות SUPG כמאיצים לחישובים כללים.
2. הסטודנט ידע לתכנן ולממש מערכות המשלבות מאיצים חישוביים.
3. כלים להבנת מבנה תוכנה וחומרה במאיצי קלט- פלט.
4. חקר נושאים בתחום.

סילבוס באנגלית:

THE COURSE COVERS CONCEPTUAL AND PRACTICAL ASPECTS PF COMPUTER SYSTEMS WITH COMPUTATIONAL ACCELERATORS, LIKE GPUS AND FPGAS The course WILL COVER HARDWARE ARCHITECTURE, PROGRAMMING MODELS, INTERACTION WITH I/O DEVICES, OS AND PROGRAMMING ABSTRACTIONS, SYSTEM SECURITY IMPLICATIONS AS WELL AS THE DESIGN AND IMPLEMENTATION OF COMPLETE ACCELERATED SYSTEMS.

LEARNING OUTCOMES:

THE STUDENT LEARN TO:

1. PRACTICAL GPU PROGRAMMING SKILLS.
2. DESIGN AND IMPLEMENTATION OF ACCELERATED SYSTEMS
3. SOFTWARE AND HARDWARE DESIGN OF I/O ACCELERATORS, SUCH AS HIGH PERFORMANCE NICS AND NVME STORAGE
4. UNDERSTANDING RESEARCH IN THE FIELD.

מקורות

ספר לימוד מס. 1
שם המחבר: DAVID B KIRK PROGRAMMING MASSIVELY PARALLEL Processors
שם הספר: SECOND EDITION A HANDS ON Approach 2nd Edition,
מו"ל: WEN MEI W HWU
2013 :
הספר הינו ספר מומלץ.
מספר זיהוי בספריית הטכניון

046279	שם הקורס: חישוב מקבילי מואץ	י. ארידור	2 ה', 1 ת' (3 נקודות)
--------	------------------------------------	------------------	--------------------------

שם עברי מקוצר: חישוב מקבילי מואץ

דרישות קדם:

046209 או 234123

046267 או 234267

סילבוס בעברית

מערכות מחשב מתקדמות מאפשרות עבוד מקבילי בעזרת מגוון רכיבי חומרה. בנוסף, תכנות מקבילי המנצל רכיבים אלו להשגת ביצועים מהירים הופך לטכנולוגיה נפוצה. הקורס עוסק בקשר בין חומרה לתוכנה. הקורס כולל תאור מגנטי חומרה ומודלים של תכנות, טכניקות אופטימיזציה ושימוש בתבניות תכנותיות כדי לנצל מערכות מרובות ליבה, מערכות חומרה ווקטוריות ומאיצי חומרה יעודים (כמו מאיצים להסקה בעזרת למידה עמוקה) להשגת ביצועים. הלימוד שם דגש מיוחד על השוואות כמותיות של ביצועי חומרה/תוכנה. תרגילי בית מעשיים בתכנות מקבילי מהוות חלק חשוב ומשמעותי של הקורס. העומס השבועי הכולל -6 שעות

מקורות:

1. Patterson and Hennessy. Computer Architecture: A Quantitative Approach. Chapters 1, 4, 7. Sixth edition, 2019
2. Jeffers and Reinders. Intel Xeon Phi Processor High Performance Programming. Second edition, 2016
3. Kirk and Hwu. Programming Massively Parallel Processors. Third edition, 2017

תוצאות למידה:

בוגר הקורס ירכוש את המיומנויות הבאות:

- הערכה של ארכיטקטורות מחשבים, המבוססת של הבנה של המגמות בתחום ארכיטקטורת מחשב החל מריבוי-ליבות, דרך במעבדים גרפיים (GPU) ועד מאיצי חומרה יעודיים.
- פיתוח תוכנה בשימוש במודלים לתכנות מקבילי, אופטימיזציות בתוכנה ושימוש בתבניות תכנותיות להשגת ביצועים מהירים על חומרה לחשוב מקבילי.

הרכב הציון:

תרגילי בית (חובה) ומבחן סופי

שם הקורס באנגלית

High performance parallel computing

English syllabus:

All modern computing systems support parallelism in hardware thru various features. Moreover, explicit parallel programming to exploit these features for high performance is becoming mainstream. This course is about software-hardware interaction. It covers hardware design as well as programming models, patterns and software optimization techniques for high-performance with multi-core systems, vectorized systems, and recent domain-specific hardware accelerators (e.g. acceleration of deep-learning inference). Learning is based on quantitative evaluation of hardware/software performance. The course includes a few significant home assignments in parallel programming to practice the learned material. Overall weekly load – 6 hours.

Learning Outcomes:

The student will be able to

- Evaluate computer system architectures through understanding of the trends in computer architecture from multi-core, GPUs and latest domain specific accelerators.
- Develop software using different parallel programming models, SW optimization techniques and patterns for efficient parallel HW utilization.

שם עברי מקוצר : מבוא לאבטחת סייבר

דרישות קדם :

מבוא למערכות הפעלה 234123/046209 .
מבנה מחשבים (אפשר במקביל) 234267/046267

ללא זיכוי נוסף:

הגנה במערכות מחשב 236350

סילבוס בעברית (עד 50 מילים, ניתן להוסיף בנוסף נושאי לימוד)

אבטחה הינה דרישה בסיסית בתכן מערכות מחשב מודרניות, החל משרתים, דרך מכשירים ניידים, כלי רכב, וכלה בהתקני IOT. קורס זה מספק כלים בסיסיים לתכן וניתוח אבטחה של מערכות מחשב. הנושאים כוללים: עקרונות (מדיניות, איומים, פגיעויות), כלים קריפטוגרפיים (הגדרות, מפתח סמטרי וציבורי, מערכות קריפטוגרפיות, מנגנון דיפי-הלמן, פונקציות גיבוב), אימות (אדם ומכונה), הרשאה, פרטיות (אנונימיות, differential privacy במרשתת), אבטחה עם תורת המשחקים (בלוקציינ, הוכחת עבודה, הוכחת השקעה), אבטחת חומרה (סביבות ריצה אמינות, SGX, TrustZone), בעיית ה-confinement, זרימת מידע, התקפות ערוצי צד ופתרונות (תזמון מטמון, ערוץ כוח, ריצה ספקולטיבית, rowhammer).

מקורות :

1. Bishop. Introduction to Computer Security. Addison-Wesley. 2005.
2. Stinson. Cryptography – Theory and Practice. Chapman & Hall/CRC. Third Edition. 2006.
3. Narayanan, Bonneau, Felten, Miller, Goldfeder. Bitcoin and Cryptocurrency Technologies. Princeton, 2015.
4. Costan, Victor, and Srinivas Devadas. "Intel SGX Explained." *IACR Cryptology ePrint Archive* 2016.086 (2016): 1-118.
5. Papers on recent topics

תוצאות למידה :

הסטודנט ירכוש את המיומנויות הבאות :

1. ניתוח אבטחה של מערכת מחשב במגוון פרספקטיבות (פגיעויות, אימות, כלים קריפטוגרפיים וכיו"ב)
2. תכן מערכות בטוחות בצורה מובנית (בחירת מודל איום מתאים, מדיניות וכלים)

הרכב הציון:

- 75% מבחן
- 25% תרגילי בית

שם הקורס באנגלית: Introduction to Cybersecurity

English syllabus:

Security is a critical element in the design of modern computer systems from servers, to mobile devices, vehicles, and IoT. This course will provide the basic tools to reason about, develop, and analyze computer systems security. Topics include: principles (security policies, threats, vulnerabilities), cryptographic tools (definitions, symmetric-key, public-key, cryptosystems, DH key-exchange, hash functions), authentication (human, machine), authorization, privacy (anonymity, differential privacy, web), security with game-theory (blockchain, proof of work, proof of stake), secure hardware (Trusted execution environments, e.g., SGX and Trustzone), confinement Problem, information flow, hardware side-channel attacks and mitigations (cache timing attacks, power channel attacks, speculative execution attacks, Rowhammer).

Sources:

1. Bishop. Introduction to Computer Security. Addison-Wesley. 2005.
2. Stinson. Cryptography – Theory and Practice. Chapman & Hall/CRC. Third Edition. 2006.
3. Narayanan, Bonneau, Felten, Miller, Goldfeder. Bitcoin and Cryptocurrency Technologies. Princeton, 2015.
4. Costan, Victor, and Srinivas Devadas. "Intel SGX Explained." *IACR Cryptology ePrint Archive* 2016.086 (2016): 1-118.
5. Papers on recent topics

Learning Outcomes:

The student will be able

- Analyze the security of a computer system with various perspectives (vulnerabilities, authentication, cryptographic tools).
- Design secure systems from a principled approach (considering appropriate threat models, policies, choosing tools)

Grading:

- 75% exam
- 25% homework

046326	<u>מבוא לאותות ומערכות ביולוגיים</u>	<u>ד.סודרי</u>	2', 1ת' (3 נקודות)
--------	---	-----------------------	-----------------------

מקצועות צמודים:

044202 - אותות אקראיים

סילבוס בעברית:

הקורס מתמקד בפיתוח גישה מערכתית ומתמטית לתא-עצב כאב-טיפוס למערכות ביולוגיות. נושאי הלימוד הם: מערכות דינמיות בביולוגיה, מבוא לביופיסיקה של תאי עצב ושלוחותיהם וניתוח כמערכות כניסה-יציאה במובן ההנדסי. התא העצבי: מושגי יסוד על מבנה קרום התא ותכונותיו החשמליות והכימיות - אלקטרודיפוסיה ומתח המנוחה של התא. התפשטות אותות בסיבים פסיביים וצימוד בין תאים דרך סינפסות כימיות. מודל הודג'קין-האקסלי לעירור של תא חשמלי, ופישוטם המאפשרים ניתוח מתמטי מפורט של התנהגות תאי-עצב מעוררים. אלמנטים אקראיים בתאי-עצב.

English syllabus:

Developing a systems-level Mathematical approach to the single neuron as a prototype of complex Biological systems. Main topics: Dynamical systems in Biology, Introduction to the biophysics of neurons, axons and dendrites and their analysis as input-output systems in the engineering sense. The neuron: basic properties of the membrane and its Chemical and Electrical properties - electrodiffusion and the resting potential. The propagation of signals along passive cables and cell to cell communication through Chemical synapses. The Hodgkin-Huxley model for cell excitability, and simplified mathematical models allowing a detailed analysis of excitability. Stochastic elements in neurons..

תוצאות למידה:

סטודנטים שישלימו את הקורס בהצלחה יהיו מסוגלים:

- להגדיר מושגי יסוד בהתנהגותו של תא עצב
- להבין את התהליכים הביופיסיים המרכזיים התורמים למתח הקרום של תא עצב ולתהליכי שינוי, וליישם הבנה זו במסגרת המודל המתמטי של הודג'קין-הקסלי
- לנתח באופן איכותי, אך מדויק, מערכות דינמיות לא לינאריות בשני ממדים
- להשתמש בכלים של דינמיקה לא לינארית בניתוח מודלים עצביים דו-ממדיים וחד-ממדיים

- להבין באופן איכותי ולנתח באופן מתמטי תהליכים אקראיים המשפיעים על המתח החשמלי של תא עצב

Result of Learning:

Students who complete the course successfully will be able to:

- Define basic components of the behavior of neuron
- Understand the basic biophysical processes that contribute to the electric potential of the cell and its dynamics, and to implement this understanding through the mathematical model of Hodgkin-Huxley
- Analyze qualitatively, yet precisely, nonlinear dynamical systems in two dimensions
- Use nonlinear dynamical tools to analyze one and two dimensional neuronal models
- Understand conceptually and mathematically the elementary random processes that influence the membrane potential of

מקורות:

1. Koch, C. Biophysics of Computation: Information Processing in Single Neurons. Oxford Univ. Press, 1999. s.n. 2205816.
2. Dayan, P., Abbott, L.F. Theoretical Neuroscience: Computational and Mathematical Modeling of Neural Systems. MIT Press, 2001. s.n. 2244343.
3. Izhikevich, E. M. Dynamical Systems in Neuroscience: The Geometry of Excitability and Bursting. MIT Press, 2007. s.n. 2286471.
4. Weiss, Thomas Ficher. Cellular Biophysics. MIT Press, 1996. s.n.2170375.
5. Strogatz, Steven H. Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering. Addison-Wesley, 1994/ Westview Press, 2000. s.n. 2153149.

046332	<u>מערכות ראייה ושמיעה</u>	<u>מ.פורת/</u> <u>ר.כפתורי</u>	2ה', 1ת' (3 נקודות)
--------	----------------------------	-----------------------------------	------------------------

מקצועות קדם:

044130 - אורות ומערכות

סילבוס:

מושגי יסוד על הבסיס הפיסיקלי והפיסילוגי של תקשורת במערכות ראייה ושמיעה: מבנה ואופן פעולת העין והאוזן. מנגונים פיסילוגיים המשמשים לקידוד, לעיבוד והעברת אותות במערכת הראייה. ניתוח הרמוני של אותות דינמיים. בקרת הגבר אוטומטית ברשתית. ייצוג אותות במרחב משולב תדר-מקום. חוקי סף פסיכופיסיים. מודלים של עיבוד אותות במערכת הראייה. מבנה תמונות והיבטים טכנולוגיים (ראייה ממוחשב)

English syllabus:

Introduction to the physical and physiological bases of visual and auditory communication. Structure and function of the eye and the ear. Physiological mechanisms involved in encoding, processing and transmitting of sensory signals. Spectral analysis of dynamic signals. Automatic gain control in the retina. Image representation in the combined frequency-position space. Psychophysical detection laws. Models for signal processing in the visual system. Image structure and technological aspects (Computer Vision).

תוצאות למידה:

אות הכניסה החזותי למערכת הראייה:

- ✓ פוטומטריה – הכרת יחידות המדידה וביצוע חישובים של תחושת עוצמת האור במערכת הראייה.
- ✓ קולורמטריה – הכרת מרחב הצבע CIE1931 XYZ וביצוע חישובים של תחושת הצבע במערכת הראייה.

✓ תדר מרחבי – הכרת רגישות מערכת הראייה לתדר מרחבי וביצוע חישובי סף הענות.

מבנה ופעולת העין:

- ✓ הכרת המערכת האופטית של העין וביצוע חישובים הקשורים לעדשה, ליקויי ראייה והתאמת משקפיים, כמות האור המגיעה לרשתית וגודל הדמות הנוצרת על הרשתית. תכונות מערכת הראייה:
- ✓ הכרת תכונות ותופעות המאפיינות את מערכת הראייה וביצוע חישובים הקשורים לשדות קליטה, רגישות העין לתדר מרחבי ובקרת הגבר אוטומטי. ייצוג אותות:
- ✓ הכרת מרחבי הילברט ומשפטים הקשורים לבסיסים אורתוגונלים וייצוג אותות. חישוב בסיס בי-אורתונורמלי. הכרת המרחב המשולב מקום-תדר ושימוש בפונקציות גאבור לייצוג אותות במרחב המשולב. מערכת השמיעה:
- ✓ הכרת יחידות המדידה התחושתיות וביצוע חישובים של עוצמת הקול.
- ✓ הכרת יחידות מערכת השמיעה, אופן פעולתה ותכונותיה.
- ✓ ביצוע חישובים הקשורים לתכנון אקוסטי

Result of learning:

The visual input:

- ✓ Photometry – comprehending the units of measurements and calculating the perceived brightness of light in the visual system.
- ✓ Colorimetry – comprehending the CIE1931 XYZ color space and calculating the visual color perception.
- ✓ Spatial frequency - comprehending the response of the visual system to spatial frequency and calculating the perceived threshold.

The eye structure and functioning:

- ✓ Comprehending the eye optical system and calculating values concerning the eye lens, visual impairment and glasses, retinal illumination and size of objects.

Visual system characteristics:

- ✓ Comprehending the visual system characteristics and phenomena and calculating values concerning AGC, response to spatial frequency and perception fields.

Signal representation:

- ✓ Comprehending the Hilbert space and propositions concerning orthogonal basis and signal representation. Calculating the bi-orthonormal basis. Comprehending the spatial-frequency domain and utilizing the Gabor functions to represent signals in this domain.

Auditory system:

- ✓ Comprehending the units of measurements and calculating values concerning acoustics.
- ✓ Comprehending the structure and functioning of the auditory system and its characteristics.

מקורות:

1. Levine, M.D. Vision in Man and Machine. McGraw-Hill, 1985. s.n.2005119.
2. Marr, D. Vision. Freeman, 1982. s.n.211377.
3. The Senses. Edited by Barlow, H.B., Mollon, J.D. Cambridge Univ. Press, 1982. s.n.215319.
4. Willams, C.S., Becklund, O.A. Optics: A Short Course for Engineers & Scientists. Wiley, 1972. s.n. 2008469.
5. Gregory, R.L. Eye and Brain: The Psychology of Seeing. 5th ed. Oxford Univ. Press, 1998. s.n. 2183602.
6. Yost, W.A. Fundamentals of hearing: An Introduction. 4th ed. Academic Press, 2000. s.n. 2232634.
7. Overington, I. Computer Vision: A Unified, Biologically – Inspired Approach. Elsevier, 1992. s.n. 2152900.

2ה', ת1' (3 נקודות)	<u>מעבדי רשת מהירים</u>	046336
------------------------	--------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

רשתות, מבנה כרטיס רשת, השוואה בין מעבד רשת לאלמנטים אלטרנטיביים, שלבים בניתוח ובטיפול בחבילת המידע, ארכיטקטורות מעבדי רשת, ניהול תעבורה, טיפול בתעבורת וידאו, יישום בקרת זרימה.

Will not be given the year

Networks, Line-Card Structure, Comparison Between Network Processors and Alternative Elements, Packet Processing and Handling Steps, Network Processor Architecture, Traffic Management, Video Traffic Treatment, Flow Control Implementation.

מקצוע קדם:

044148 - גלים ומערכות מפולגות.

מקצוע דומה:

046341- התקנים בתקשורת לסיבים אופטיים

התפשטות גלים בסיבים אופטיים, תכונות לינאריות ולא לינאריות של סיבים, אותות מרובבי אורך גל, WDM, הגברה אופטית ורעש, פרקים מתורת הגילוי של אותות אופטיים.

מקורות:

1. Agrawal, G.P. Fiber-Optic Communication Systems. 3rd ed. Wiley, 2002. s.n. 2244782 – 3rd ed., 2002; s.n. 2270292 - 3rd ed. (e-text); s.n. 2186709 – 2nd ed., 1997.
2. Agrawal, G.P. Nonlinear Fiber Optics. 4th ed. Academic Press, 2007. s.n. 2289576 – 4th ed., 2007; s.n. 2231878 – 3rd ed., 2001.
3. Kazovsky, L.G. Benedetto, S., Willner, A. Optical Fiber Communication Systems. Artech House, 1996. s.n. 2177314

לא יינתן השנה

שימושים של גרפיקה ממוחשבת: קלט ומשוב, גרפיקה רסטריית וגיאומטריה על השריג הדיסקרטי, כימות, מודלים של תמונה והרכבת תמונות, העתקות דו-מימדיות ותלת מימדיות, ייצוג עקומים גיאומטריים, הסרת הבלתי נראה, מודלים של צבע והצללה.

Will not be given the year

Computer Graphics and Its Applications: Input and Interaction, Raster Graphics and Scan Conversion, Quantization, Image Models and Composition, 2 and 3 Dimensional Transformations, Curve Representation Hidden Surface Removal, Color Models and Shading.

שם עברי מלא: תורת האינפורמציה לתקשורת קוונטית

שם באנגלית: Quantum Information Theory

דרישות קדם: לפני לימוד המקצוע המוצע, על הסטודנט לעבור בהצלחה את המקצועות הבאים

114073 | 104034

או

115203 | 104034

או

114073 | 104222

או

115203 | 104222

או

114073 | 094412

או

236990 | 094412

או

236990 | 104222

סילבוס בעברית:

מבוא לתורת האינפורמציה הקוונטית ותקשורת דרך ערוץ קוונטי: קיבול קלאסי של ערוץ קוונטי, קיבול קוונטי, ותקשורת עם משאבי שזירות. רקע לתורת האינפורמציה הקלאסית ותורת האינפורמציה הקוונטית. אקסיומות מכניקת הקוונטים. מערכות קוונטיות מבודדות ללא רעש ומערכות קוונטיות רועשות. התאור הפיזיקלי של ערוץ קוונטי וההגדרה המתמטית. פרוטוקולים בסיסיים של תקשורת קוונטית ואי שוויונים בין משאבים. מדדי אינפורמציה ואנטרופיה קלאסיים וקוונטיים. המשמעות של אנטרופיה מותנית קוונטית ומדוע היא יכולה להיות שלילית. שיטת הטיפוסים הקוונטית ודחיסת שומאכר. קיבול ערוץ קוונטי בשידור של מידע קלאסי (ביטים). משפט הקיבול עבור ערוץ קלאסי-קוונטי. בעיית הרגולריזציה והסופר-אדיטיביות של אינפורמציה חולבו. קידוד של מידע קוונטי (קיוביטים). הקיבול הקוונטי וסופר-אקטיבציה. תקשורת בסיוע משאבי שזירות.

- תוצאות למידה:** (אנו מבקשים להשתמש בשפה שוויונית מגדרית כגון: הסטודנטיות והסטודנטים יהיו מסוגלים)
1. עם השלמת הקורס בהצלחה, הסטודנטיות והסטודנטים יבינו את העקרונות שבבסיס תורת שנון הקוונטית, התיאור האינפורמציוני של בעיות תקשורת, הפרוטוקולים הבסיסיים להמרת משאבים קוונטיים. הסטודנטיות והסטודנטים יעריכו את ההבדלים המשמעותיים שבין מערכות תקשורת קלאסיות לקוונטיות והאתגרים הנובעים מהם, ויפתחו אינטואיציה להבנת התנהגויות אלו.
 2. הסטודנטיות והסטודנטים יכירו את משפטי הקיבול המרכזיים בתורת האינפורמציה הקוונטית וישלטו בשיטות אנליטיות חשובות בתחום.

Syllabus:

Classical :information theory and communication via a quantum channel Introduction to quantum capacity of a quantum channel, quantum capacity, and communication with entanglement assistance. Background on classical information theory and quantum information theory. Postulates of Quantum Mechanics. Isolated/noisy quantum systems. Physical description of a quantum channel and mathematical definition. Basic communication protocols and resource inequalities. Classical and quantum entropy and information measures. The meaning of conditional entropy and why can it be negative. Quantum method of types and Schumacher compression. Capacity of a quantum channel for the transmission of classical information (bits). Capacity theorem for a classical-quantum channel. The regularization problem and super-additivity of the Holevo information. Communication with entanglement assistance.

Learning Outcomes:

1. Having completed the course successfully, the students will understand the principles at the basis of quantum Shannon theory, the information-theoretic description of communication problems, and basic protocols for the conversion of quantum resources. The students will appreciate the significant differences between classical and quantum communication systems and the challenges that follow, and develop intuition for understanding those behaviours.
2. The students will be familiar with the fundamental capacity theorems in quantum information theory and master important analytical methods in this area.

2ה', 1ת' (3 נקודות)	י.שטינברג/ ש.שמאי	תורת האינפורמציה	046733
------------------------	------------------------------	-------------------------	---------------

מקצוע קדם:

מומלץ ללמוד את 046206 - תקשורת ספרתית, לפני או במקביל למקצוע זה.

מקצוע זהה:

048733 – תורת האינפורמציה

תוכנית הקורס:

- מבוא כללי
- מודלים מקובלים למקורות וערוצים
- קידוד מקורות (כמעט) ללא עוות באורך קבוע
- האנטרופיה, מדדי אינפורמציה נלווים לה, ותכונותיהם העיקריות
- קידוד מקורות ללא עוות באורך משתנה
- שיטת הסדרות הטיפוסיות
- קידוד מקורות עם עיוות
- קידוד ערוץ

מקורות:

1. Gallager, R. G. Information Theory and Reliable Communication. Wiley, 1968. s.n.222990.
2. McEliece, R.J. The Theory of Information and Coding. 2nd ed. Cambridge, 2002. s.n. 2245321 – 2nd ed., 2002; s.n. 1996 – 1st ed., 1977.
3. Cover, T.M., Thomas, J.A. Elements of Information Theory. Wiley, 2006. s.n. 2287372 - 2nd ed., 2006. s.n. 2114535 – 1st ed., 1991.
4. Csiszar, I., Korner, J. Information Theory: Coding Theorems for Discrete Memoryless Systems. Academic Press, 1981.s.n. 227751.

2 ה', תי (3 נקודות)	עבוד אותות מרחבי	046743
------------------------	-------------------------	---------------

לא יינתן השנה

מערכי קולטים ועיבוד מרחבי, תבנית אלומות, מערכים לינאריים אחידים, מדדי טיב של מערכים. מעצבי אלומה אופטימליים, mvdr, gsc, lcmv, maximum snr, מעצבי אלומה רחבי סרט. ביטול רעש מסתגל. הפרדת מקורות וביטול הדהודים באותות. איכון מקורות, שערך כיוון ההגעה ושערך הפרש זמני הגעה.

תוצאות למידה

- בסיום הקורס הסטודנט יהיה מסוגל:
1. לתכנן מעצב אלומה אופטימאלי לסינון מרחבי במערך קולטים.
 2. לשפר ולחלץ אותות הנקלטים במערכי קולטים.
 3. לתכנן מסנן lcmv להפחתת רעשים וביטול הדהודים.
 4. ליישם אלגוריתם לביטול רעש מסתגל.
 5. ליישם אלגוריתם להפרדת מקורות ביטול הדהוד של אותות.
 6. לשערך כיוון הגעה והפרש זמני הגעה של אותות.

Will not be given the year

Arrays and Spatial Filters, Beam Patterns, Uniform Linear Arrays, Array Performance Measures. Optimum Waveform Estimation (Beamforming), Minimum Variance Distortionless Response (Mvdr), Linearly Constrained Minimum Variance (Lcmv) Generalized Sidelobe Cancellers (Gsc), Maximum Snr, Broadband Beamformers. Adaptive Noise Cancellation. Source Separation and Signal Dereverberation. Source Localization, Direction of Arrival (Doa) and Time Difference of Arrival (Tdoa) Estimation.

Learning Outcomes

At the End of the Course the Student Will Be Able to

1. Design An Optimum Beamformer for Spatial Filtering in Sensor Arrays.
2. Enhance and Extract Signals Received by Sensor Arrays.
3. Design An Lcmv Filter for Noise Reduction and Dereverberation.
4. Implement An Algorithm for Adaptive Noise Cancellation.
5. Implement An Algorithm for Source Separation and Signal Dereverberation.
6. Estimate Direction of Arrival and Time Difference of Arrival.

2 ה', תי (3 נקודות)	ג. גלבע	עיבוד ספרתי של אותות	046745
------------------------	----------------	-----------------------------	---------------

מקצועות קדם:

044198- מבוא לעיבוד ספרתי של אותות
044202- אותות אקראיים

מקצוע דומה:

048745 – עיבוד ספרתי של אותות

השפעת אורך מלה סופי (קוונטיזציה) במסננים ספרתיים. שערך לא פרמטרי של ספקטרום הספק – פריודוגרמות. עיבוד רק קצבים: מערכות דצימציה ואינטרפולציה, מימוש פוליפאזה ומערכות מרובות דרגות. מערכי מסננים דו- ערוציים, מערכים במבנה עץ, מערכים אחידים. התמרת פוריה לזמן קצר אנליזה וסינתזה, ייצוג Gabor. מבוא ל Wavelets: אנליזת זמן-תדר, אנליזה מרובת רזולוציות.

נושא הקורס באנגלית:

Effects of finite precision in digital filters. Non parametric estimation of power spectrum – periodograms. Multi – rate signal processing, decimation, interpolation poly – phase and multi- stage implementations. Dual channel filter banks, tree structured filter banks, uniform filter banks. Short Time Fourier Transform, Gabor representation. Introduction to wavelets and multi resolution analysis.

מקורות:

1. Mitra, Sanjit K. Digital Signal Processing: a Computer-Based Approach. 3rd ed. McGraw-Hill, 2006.
s.n. 2279543 – 3rd ed., 2006; s.n. 2224858 – 2nd ed., 2001; s.n. 2206285 – 1st ed., 1998.
2. Proakis, J. G., Manolakis, D. G. Digital Signal Processing. 4th ed. Prentice-Hall International, 2007.
s.n. 2280099 – 4th ed., 2007; s.n. 2169878 – 3rd ed., 1996; s.n. 2120537 – 2nd ed., 1992.
3. Porat, B. A. Course in Digital Signal Processing. Wiley, 1997. s.n.2176340.
4. Burrus, C. S., Gopinath, R.A. Guo, H. Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms: A Primer. Prentice-Hall, 1998. s.n. 2191703.
5. Oppenheim, A.V., Schaffer, R. W. Discrete-time Signal Processing. Prentice-Hall, 1999. s.n. 2201420.

תוצאות למידה בעברית

הקורס הינו קורס מתקדם בתחום עיבוד האות הספרתי. הקורס מקנה ידע בנושאים הבאים:

- קוונטיזציה ומודל לרעש קוונטיזציה.
- שגיאות חישוב (נקודה קבועה ונקודה צפה) במסננים ספרתיים.
- מניעת גלישה והבטחת יציבות במסננים ספרתיים.
- שיערוך לא פרמטרי של ספקטרום הספק – פריודוגרמות
- מערכות דצימציה ואינטרפולציה, מימוש פוליפאזה, מימוש מרובה דרגות
- מערכי מסננים דו ערוציים – QMF, CQF, Bilinear, מערכי מסננים במבנה עץ
- מערכי מסננים אחידים.
- התמרת פוריה לזמן קצר, אנליזה וסינתזה. התמרת Gabor.

תוצאות למידה באנגלית

The course is an advanced digital signal processing course. The course provides knowledge in the following topics:

- Quantization and noise model
- Computation error (fixed point and floating point) in digital filters.
- Overflow prevention and secure filter stability.
- Non Parametric spectrum estimation – periodograms.
- Multi rate systems, Decimation, interpolation, sampling rate conversion, poly- phase and multi-stage implementations.
- Dual channel filter banks – QMF, CQF, Bilinear. Tree structure filter bank
- Uniform filter banks
- Short Time Fourier Transforms. Analysis and Syntesis Gabor representation.
- Wavelet analysis, Multi resolution analysis.
-

מקצועות קדם:

046200 – עבוד וניתוח תמונות

מקצועות זהים:

236873- ראייה ממוחשבת

בעיות בסיסיות בראייה ממוחשבת, אלגוריתמים המותאמים לפתרון בעיות אלו ויישומים מעשיים של הגישות לפתרון. תהליך יצירת תמונות, מציאת מאפיינים של תמונות, התאמת תמונות שצולמו מנקודות מבט שונות, קומפוזיציה של תמונות, חישוב תנועה ושחזור תלת-מימד מתוך תנועה. סטריאו, שחזור תלת-מימד ללא תנועה, וסגמנטציה של תמונות.

מקורות:

1. R. Szeliski, Computer Vision: Algorithms and applications, Springer, 2010.

ה'2, ת'1 (3 נקודות)	<u>י. נמירובסקי</u>	<u>התקני מוליכים למחצה אלקטרו-אופטיים לגילוי</u>	046773
------------------------	---------------------	--	--------

מקצוע קדם:

044127 - התקני מוליכים למחצה
או 044125 – יסודות התקני מוליכים למחצה מ'

נושאי הלימוד:

מקורות קרינה: קרינת גוף שחור, קרינה ספונטנית ומאולצת.
גלאים אלקטרו-אופטיים: בליעת קרינה, גלאים לקרינה, מדד לביצועי גלאי קרינה (יחס אות רעש), גלאי פוטו-מוליך; גלאי פוטו-וולטאי: פוטו-דיודה, דיודה PIN, תאי שמש, פוטורנזיסטור; תגובתיות (Responsivity), סף קליטה (Detectivity) ותגובה בזמן של גלאי. דוגמאות של גלאים לתחום הנראה ולתחום האינפרא-אדום: Si, InSb וכן HgCdTe, מערכי דיודות צמת ו-CCD.
גלאים טרמיים: צמד טרמי, מערכי צמדים (Thermopile); גלאים פירו-אלטריים (TGS).
מעגלי עיבוד אות למערכי גלאים: הצמדת מרבב ומעגלי CCD למערכי גלאים.

מקורות:

1. Optical and Infrared Detectors. Edited by Keyes, R.J. 2nd ed. Springer, 1980. s.n.203138.
2. Kingston, R.H. Detection of Optical and Infrared Radiation. Springer, 1978. s.n.25928.

2 ה' +1 תר' (3 נקודות)	<u>ג.גלבוע</u>	<u>מבוא לדימות רפואי</u>	046831
---------------------------	----------------	--------------------------	--------

מקצוע קדם:

046200 - עיבוד וניתוח תמונות

סילבוס: שיטות עיקריות בדימות רפואי (CT, X-ray, MRI, Ultrasound, PET). העקרונות הפיסיקלים לרכישת המידע, היתרונות והחסרונות של כל שיטה, סוגי הרעשים והארטיפקטים הצפויים. עקרונות הטומוגרפיה, התמרת ראדון, שיטת FBP, שחזור איטרטיבי. עיבוד תמונה של מידע רפואי: ניקוי רעשים, סגמנטציה, רגיסטרציה, זיהוי אברים, גישות לדיאגנוזה ממוחשבת.

מקורות:

- Bankman, Isaac, ed. *Handbook of medical image processing and analysis*. 2nd edition, Elsevier, 2009.
- Smith, Nadine Barrie, and Andrew Webb. *Introduction to Medical Imaging: Physics, Engineering and Clinical Applications*. Cambridge University Press, 2010.
- Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle, *Image processing, analysis, and machine vision*, 3rd edition. Thomson, 2008.

2 ה', 1 ת' (3 נקודות)	<u>לייזרים של מוליכים למחצה</u> <u>והתקנים פוטוניים משולבים</u>	046851
--------------------------	--	--------

לא יינתן השנה

יסודות הפיזיקה של לייזר. סקירת מרכיבים עיקריים של לייזר המל"מ, תכונותיו וישומיו. טפול מפורט באינטראקציה של שדות אלקטרומגנטיים עם מל"מ, תהליכים קרינתיים ולא קרינתיים ומנגוני ההגבר בתנאי הזרקה. במסגרת זו נדון בלייזרים נפחיים (bulk) ולייזרים של מבנים קוונטיים. קבלת משוואות הקצב עבור לייזר המל"מ ופתרון במצב עמיד. טפול מפורט במבנים האופטיים בלייזר המל"מ - מהודים, מוליכי גל דיאלקטריים דו-ממדיים, הולכת הגבר, מראות ומהודים מפולגים מחזורית ותורת צימוד האופנים. פתרונות דינמיים של משוואות הלייזר לאות קטן וגדול, קצב אפנון, תהודה, השחיות בהדלקה, שחיפת תדר, תובלה ועוד. הדגמת מאפייני לייזר מסוגים שונים.

Will not be given the year

Elements of Laser Physics. Overview of Main Ingredients, Characteristics and Applications of Semiconductor Lasers. Detailed Analysis of the Interaction of Electromagnetic Fields with Semiconductors: Radiative and Nonradiative Processes and Gain Mechanisms Under Injection. Bulk and Quantum Structure Based Lasers. Rate Equations for the Laser. Optical Structures Embedded in the Semiconductor Laser Resonators, 2D Waveguides, Gain Guiding, Mirrors and Distributed Periodic Structures Including Coupled Mode Theory. Dynamic Solutions for Small and Large Signal Modulation: Modulation Bandwidth and Relaxation Oscillations Resonance, Turn-on Delay, Frequency Chirping, Importance of Transport Effects. the Characteristics of Several Types of Lasers.

2 ה' 1 ת' (3 נקודות)	<u>א. ויזר</u>	<u>ארכיטקטורות מתקדמות של מערכות</u> <u>מיקרו-מעבדים</u>	046853
-------------------------	----------------	---	--------

מקצוע קדם:

046237 - מעגלים משולבים מבוא ל-VLSI

מקצוע זהה:

048853 - ארכיטקטורות מתקדמות למעבדי VLSI

הקורס יכול לנשואים מתקדמים בארכיטקטורות מחשבים, עם דגש על מחשבים בעלי יכולת חישוב גבוהה ובסביבה מרובת מעבדים. החומר יתבסס על שיטות איכותיות וכמותיות בסביבה מוגבלת הספק ושטח סיליקון. במשך הקורס, נגדיר את מגמות הסביבה הטכנולוגית ואת הטכניקות הקיימות והעתידיות במבנה המחשב והמערכת. הדגש יינתן לאנליזה של טכנולוגיות עכשויות ועתידיות כגון: שיטות ניבוי שונות (קפיצות, קריאה של מידע, ערכי מידע, פוטנציאל להתנגשויות בקריאות מזכרון, וכו'), ביצוע ספוקולטיבי של התוכנית, שיטות זכרונות

מטמון מתקדמות למערכות מרובות מעבדים, מטמון פקודות ריצפי, Multiscalar, ישום בחומרה של חוטים, מערכות חישוב אסימטריות, מערכות ריבוי חוטים לעומת מערכות ריבוי ליבות, מערכות המכילות אנליזת תכולת מידע, ועוד.
מטרת הקורס הינה לספק לסטודנט את בסיס הידע והגישה הארכיטקטונית שיאפשרו לו חשיבה וישום ארכיטקטוני של מערכות חישוב עתידיות.

מקורות:

1. Hennessy, J. L., Patterson, D. A. Computer Architecture: A Quantitative Approach. 4th ed. Morgan Kaufmann, 2007; s.n. 2285679 – 4th ed., 2007; s.n. 2243749 – 3rd ed., 2003.
2. Hennessy, J. L., Patterson, D.A. Computer Organization and Design: the Hardware/ Software Interface. 4th ed. Morgan Kaufmann, 2009. s.n. 2300073 – 4th ed., 2009. s.n. 2263805 – 3rd ed., 2005.

ה2' + ת1' (3 נקודות)	תכן מערכות ספרתיות מהירות	046864
-------------------------	----------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

חזרה על מושגי יסוד בתורת החשמל, קווי תמסורת לסוגיהם, דיאגרמות שריג ו bergeron-סיומות, רעשים במערכות ספרתיות - רעשי אספקות, intersymbol interference, ssn, ניהול תקציב רעשים, אספקת מתחים מרמת השבב ועד רמת התיבה, הפצת שיעון מרמת השבב עד רמת הכרטיס המודפס, שיטות איתות, (signaling) טכניקות מדידה, tdr, עזרי תכן ממוחשבים. (cad)

Will not be given the year

Transmission-Line Basics, Terminations, Noise in Digital Systems, Power Distribution, Power Planes, Vias, Clock Distribution, Signaling Conventions in High Speed Systems, Measurement Techniques, Cad Tools.

ה2' + ת1' (3 נקודות)	ר.אתר	יסודות תהליכים אקראיים	046868
-------------------------	--------------	-------------------------------	---------------

מקצוע קדם:

044202 – אותות אקראיים

מקצוע זהה:

048868 – יסודות תהליכים אקראיים

מבוא, מרחבי הילברט; מרחבי הסתברות, תוחלת ואיטגרציה; התכנסויות; תוחלת מותנית; נגזרת רדון-ניקודים, השלמות באינטגרציה ותורת המידה; תהליכים אקראיים, מרטינגילים; תהליכים בזמן רציף, התנועה הבראונית; תהליכי מרקוב בזמן בדיד: אפיון, יציבות, קריטריונים; תהליכי מרקוב בזמן רציף, מושג הגרנטור, תהליכי קפיצה, תהליכים סמי מרקוביים.

מקורות:

1. Breiman, L. Probability. Addison-Wesley, 1992. s.n.2123815, s.n. 2021002.
2. Wong, E., Hajek, B. Stochastic Processes in Engineering Systems. Springer, 1985. s.n. 32426.
3. Durrett, R. Probability: Theory and Examples. 3rd ed.Thomson/Brooks/Cole, 2005. s.n. 2266101 – 3rd ed., 2005. s.n. 2179948 – 2nd ed., 1996.

ה2' + ת1' (3 נקודות)	ל.יביץ	תכן לוגי של מערכות VLSI בעזרת מחשב	046880
-------------------------	---------------	---	---------------

הקורס מציג עקרונות, אלגוריתמים ושיטות אוטומציה לתכן לוגי של מערכות VLSI ספרתיות גדולות.

מקצועות קדם:

046237 – מעגלים משולבים ומבוא ל-VLSI

044268 – מבוא למבני נתונים ואלגוריתמים, או 234247 – אלגוריתמים 1 .

סילבוס:

ייצוגים של מערכות VLSI. מתודולוגיות של תכן. כלי תכן לסוגיהם. מודלים מבניים והתנהגותיים. שפות ומבני נתונים לתיאור חמרה. אימות סטטי ודינמי. סימולטורים לרמות ייצוג שונות. שיטות לאימות פורמלי, שימוש ב-BDD. סינתזה לוגית אוטומטית. ניתוח סטטי של השהיות ומסלולים. סינתזה להשגת יעדי תזמון.

מקורות:

1) G. De Micheli, "Synthesis and optimization of digital circuits", McGraw-Hill, 2003.

Auxiliary books:

- 2) G.D. Hachtel and F. Somenzi, "Logic Synthesis and verification algorithms", Kluwer academic publishers, 1996.
- 3) S. H. Gerez, "Algorithms for VLSI design automation", Wiley, 1999.
- 4) Leiserson, Charles E., Ronald L. Rivest, and Clifford Stein. Introduction to algorithms. Ed. Thomas H. Cormen. The MIT press, 2001. Current literature.

2 ה'ת1 (3 נקודות)	<u>ע. כהן</u>	<u>מעגלים משולבים CMOS בתדר רדיו</u>	046903
----------------------	---------------	--------------------------------------	--------

מקצועות קדם:

044142 – מעגלים אלקטרוניים לינאריים ו-044148 – גלים ומערכות מפולגות
או
044137 – מעגלים אלקטרוניים ו-044148 – גלים ומערכות מפולגות
044202 – אותות אקראיים (מומלץ)

רכיבים פאסיביים. התקני MOS בתדר רדיו. קווי תמסורת. דיאגרמת סמיט. פרמטרי 's'. תכן של רשתות הגבר הספק. יציבות. תכן של מגברי CMOS בתדר רדיו. מגבר רחב סרט ומגבר מכון. מקורות רעש. מגבר רעש נמוך. עיוות. עקרונות המיקסר. מיקסרים פאסיביים ואקטיביים.

Passive components. Mos devices in rf. Transmission lines. Smith charts. S-parameters. Design of power gain networks. Stability. Rf cmos amplifier design. Tuned amplifies. Noise sources. Low noise amplifiers. Non linearities and distortion. Mixer fundamentals. Passive and active mixers.

מקורות:

1. Lee, T. The design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits. 2nd ed. Cambridge University Press, 2004. s.n. 2263836.
2. Ellinger, F. Radio Frequency Integrated Circuits And Technologies. 2nd ed. Springer, 2008. s.n. 2298637.
3. Pozar, D.M. Microwave Engineering. 3rd ed. Wiley, 2005. s.n. 2258561.
4. Davis, W. A., Agarwal, K. Radio Frequency Circuit Design. Wiley, 2001. s.n. 2298638.

2 ה'ת1 (3 נקודות)	<u>ק. מויסייב</u>	<u>תכן פיסוי של מערכות VLSI</u>	046918
----------------------	-------------------	---------------------------------	--------

הקורס עוסק באוטומציה ואופטימיזציה של תכנון פיסוי של מעגלים משולבים גדולים (VLSI layout automation)

מקצועות קדם:

046237 - מעגלים משולבים ומבוא ל-VLSI, או 236354 – תכנון מעגלי VLSI

סילבוס:

הירארכיה של תיכון פיסי, בעיות סינתזה ואנליזה, מיקום וחיוט. חיוט אספקות ושעונים. בעיות בטכנולוגיות תת-מיקרוניות. כוץ מבנים, סינתזה של מודולים. בדיקה פיסית וחילוף פרמטרים מהמבנה הפיסי. פעולות גיאומטריות על מסיכות.

מקורות:

1) G. De Micheli, "Synthesis and optimization of digital circuits", McGraw-Hill, 2003.

Auxiliary books:

2) G.D. Hachtel and F. Somenzi, "Logic Synthesis and verification algorithms", Kluwer academic publishers, 1996.

3) S. H. Gerez, "Algorithms for VLSI design automation", Wiley, 1999.

4) Leiserson, Charles E., Ronald L. Rivest, and Clifford Stein. Introduction to algorithms. Ed. Thomas H. Cormen. The MIT press, 2001.

5) Current literature.

ה'2 + ת'1 (3 נקודות)	<u>כלים לניתוח מערכות מחשבים</u>	046925
-------------------------	----------------------------------	--------

לא יינתן השנה

Will not be given the year

ה'2 + ת'1 (3 נקודות)	<u>י. נמירובסקי</u>	<u>מיקרו עיבוד ומיקרו מערכות</u> <u>אלקטרומכניות</u>	046968
-------------------------	---------------------	---	--------

מקצוע דומה:

048968 – מיקרו עיבוד ומיקרו מערכות אלקטרומכניות

מיקרוחישנים ומערכות מדידה - סקירה פותחת על חישנים ואקטואטורים, רכיבים אלקטרוניים כחישנים, פיסיקה של מזעור (השפעת הקטנת הממדים על כוחות מכניים, אלקטרוסטטים, מגנטים ומתח פנים). העקרונות של מיקרו עיבוד (בשטח וגוף) ומיקרו עיבוד תואם תהליכים של מעגלים משולבים. דוגמאות: חישני לחץ, תאוצה, אינפרה אדום תרמיים (שיקולים מערכתיים ומימוש).

מקורות:

1. Senturia, S.D. Microsystem Design, Kluwer, 2001. s.n. 2224756.
2. Maluf, N. An Introduction to Microelectromechanical Systems Engineering. Artech House, 2000. s.n. 2213526.
3. Rebeiz, G.M. RF MEMS: Theory, Design, and Technology. Wiley, 2003. s.n.2254004. s.n. 2270390 (e-text)
4. Madou, M.J. Fundamentals of Microfabrication: the Science of Miniaturization. 2nd ed. CRC Press, 2002. s.n. 2239940
5. Santos, H.J. RF MEMS Circuit Design for Wireless. Artech House, 2002. s.n.2253710.
6. Santos, H. J. Introduction to Microelectromechanical (MEM) Microwave Systems. Artech House, 1999. s.n.2217323.

Advanced Short Course on “All-Digital Phase-Locked Loops (ADPLL)”

General Information

Instructor: Bogdan Staszkeski

Teaching assistant: TBD

Lectures: 13 hours, three days.

Academic points: 1 pts

Course Content

The past two decades has seen proliferation of all-digital phase-locked loops (ADPLL) for RF and high-performance frequency synthesis due to their clear benefits of flexibility, reconfigurability, transfer function precision, settling speed, frequency modulation capability, and amenability to integration with digital baseband and application processors. When implemented in nanoscale CMOS, the ADPLL also exhibits advantages of better performance, lower power consumption, lower area and cost over the traditional analog-intensive charge-pump PLL. In a typical ADPLL, a traditional VCO got directly replaced by a digitally controlled oscillator (DCO) for generating an output variable clock, a traditional phase/frequency detector and a charge pump got replaced by a time-to-digital converter (TDC) for detecting phase departures of the variable clock versus the frequency reference (FREF) clock, and an analog loop RC filter got replaced with a digital loop filter. The conversion gains of the DCO and TDC circuits are readily estimated and compensated using “free” but powerful digital logic.

Days 1 & 2: (7 academic hours) All-Digital Phase-Locked Loop (ADPLL)

Architecture and Implementation

This lecture presents a system-level view of the ADPLL.

1. Principles of phase-domain frequency synthesis
2. ADPLL closed-loop behavior
3. Direct frequency modulation of ADPLL
4. Alternative TX architectures using ADPLL and PA regulator
5. Survey of published ADPLL architectures; TDC-less ADPLL; cell-based ADPLL design

Day 3 Morning (3 academic hours): Digitally-controlled oscillator (DCO)

A digitally controlled oscillator (DCO) lies at the heart of an all-digital phase-locked loop (ADPLL). It is based on an LC-tank with a negative resistance to perpetuate the oscillation— just like the traditional VCO, but with a significant difference in one of the components: instead of continuously tuned varactor (variable capacitor), the DCO now uses a large number of binary-controlled varactors. Each varactor can be placed in either high or low capacitive state. The composite varactor performs digital-to-capacitance conversion. This lecture presents a circuit and system level views of DCO.

Day 3 Afternoon (3 academic hours): Time-to-digital converter (TDC)

A time-to-digital converter (TDC) is used in the ADPLL to perform the phase detection. It generates a digital variable phase or timestamps of the FREF edges in the units of the DCO clock period. The variable phase is a fixed-point digital word in which the fractional part is measured with a resolution of an inverter delay (about 10 ps in 40-nm CMOS). This lecture presents a system level view of TDC as well as its circuit-level implementation issues.

Expected Prior Knowledge

044137 Electronic Circuits

044202 Random Signals

Grading

Written exam – 100%

Recommended Literature and Study Materials

Book: R. B. Staszewski and P. T. Balsara, *All-Digital Frequency Synthesizer in Deep-Submicron CMOS*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Sept. 2006. ISBN: 978-0471772552.

Instructor

Robert Bogdan Staszewski

Full Professor, IEEE Fellow

School of Electrical & Electronic Engineering

Room 338D, UCD Engineering & Materials Science Centre

University College Dublin

Belfield, Dublin 4, Ireland

+353 1 716 1780 (office)

robert.staszewski@ucd.ie

Instructor's Bio

Robert Bogdan Staszewski received the BSc (*summa cum laude*), MSc and PhD degrees from the University of Texas at Dallas in 1991, 1992 and 2002, respectively. From 1991 to 1995 he was with Alcatel Network Systems in Richardson, TX, USA, working on SONET cross-connect systems for fiber optics communications. He joined Texas Instruments in Dallas, TX, USA, in 1995 where he was elected Distinguished Member of Technical Staff (2% of the technical population). Between 1995 and 1999, he was engaged in advanced CMOS read channel development for hard disk drives. In 1999 he co-started a Digital RF Processor (DRP) group within Texas Instruments with a mission to invent new digitally intensive approaches to traditional RF functions for integrated radios in deep-submicron CMOS. He served as a CTO of the DRP group between 2007 and 2009. In 2009, he joined Delft University of Technology in the Netherlands where he is currently a guest Full Professor. Since 2014, he has been a Full Professor with University College Dublin in Ireland. He has authored and co-authored seven books, 11 book chapters, 160 journal and 220 conference publications, and holds 220 issued US patents. His research interests include nanoscale CMOS architectures and circuits for frequency synthesizers, transmitters and receivers, as well as quantum computers. He is an IEEE Fellow and recipient of IEEE Circuits and Systems Industrial Pioneer Award.

Will not be given the year

The Objective of This Course Is to Expose Students in a Variety of Topics Which Are Not Regularly Taught at the Faculty. the Course Will Typically Be Offered During the Summer, Taught by a Guest Expert. the Course May Be Taught in An Intensive Format, Consisting of 28 Lecture Hours Within a Two Week Period. Specific Course Topics and Dates Will Be Published According to Availability of the Appropriate Teacher.

2 ה' + 1 ת'	נושאים מתקדמים 6	047006
(3 נקודות)		

לא יינתן השנה

מטרת הקורס היא חשיפת סטודנטים לתחום מחקרי מתקדם שאינו מכוסה על ידי חברי הסגל בפקולטה. הוא יוצע בדרך כלל בחודשי הקיץ ויינתן על ידי מומחה אורח. יתכן שהקורס יהיה מרוכז ויכלול 28 שעות הרצאה ו-14 שעות תרגול ברצף של שבועיים. נושא הקורס ומועדו יפרסמו בהתאם לצורך וזמינות המרצה המתאים. סמסטר א' תשע"ז : תכנון ותכנות מערכות הטרוגניות. סמסטר ב' תשע"ט : התקנים אלקטרוניים מתקדמים.

Will not be given the year

The Objective of This Course Is to Expose Students in a Variety of Topics Which Are Not Regularly Taught at the Faculty. the Course Will Typically Be Offered During the Summer, Taught by a Guest Expert. the Course May Be Taught in An Intensive Format, Consisting of 28 Lecture Hours and 14 Tutorial Hours Within a Two Week Period. Specific Course Topics and Dates Will Be Published According to Availability of the Appropriate Teacher.

2 ה', 0 ת'	<u>פרופ' ענת לוין</u>	<u>צילום חישובי</u>	048000
(2 נקודות)			

שם עברי מקוצר : צילום חישובי

דרישות קדם : עבוד וניתוח תמונות 046200 או קורסים דומים באישור המנחה

מקצועות קדם/מקצוע זהה/מקצועות ללא זיכוי נוסף/דרישות צמידות

סילבוס בעברית :

צילום חישובי הוא תחום מחקר חדש ומתפתח בתפר בין גרפיקה ממוחשבת, ראייה ממוחשבת ואופטיקה. מטרתו להתגבר על מגבלות של מערכות צילום סטנדרטיות בעזרת חישוב ולאפשר לנו לצלם או למדוד אינפורמציה טובה יותר ועשירה יותר על העולם. האפליקציות באות לידי ביטוי בצילום יומיומי וגם בכל תחומי המחקר, מאסטרונומיה למיקרוסקופיה וצילום רפואי.

נושאי הלימוד :

הצגה של מערכות צילום, אופטיקה בסיסית, עומק שדה וטשטוש, הסרת טשטוש כתוצאה מהתנועה או מדיפוקוס, מצלמות חישוביות, צילום מכווץ, שדות אור, סדרות תמונות והרחבת טווח דינמי, תאורה חישובית, מעבר אור בסצנה, זמן תעופה.

מקורות : הקורס יתבסס על מאמרים אחרונים בתחום.

תוצאות למידה: הכרות עם הבסיס ועם תוצאות מחקרית עדכניות בתחום הצילום החישובי.

הרכב הציון: הציון יתבסס על השתתפות, נוכחות ותרגילי בית.

שם הקורס באנגלית Computational Photography

English syllabus: Computational Photography is an emerging new field created by the convergence of computer graphics, computer vision and optics. Its role is to overcome the limitations of traditional cameras and imaging systems by using computational techniques to capture better and richer information about our world. Applications spread from everyday photography to all fields of science, from astronomy to microscopy, and in medical imaging.

Topics include: basic imaging and optics, depth of field, defocus and motion deblurring, computational cameras, compressive imaging, light fields, burst imaging and high dynamic range, computational illumination, light transport, time of flight cameras.

Grading: Grading is based on attendance, participation and home assignments.

Learning Outcomes: students will get familiar with cutting edge results in the emerging field of computational photography.

2 ה', 3 ע"ב (2 נקודות)	ע. קמינר	נושאים מתקדמים בהנדסת מחשבים 1. הנושא: אלקטרודינמיקה קוונטית מאקרוסקופית	048025
---------------------------	-----------------	---	---------------

שם עברי מקוצר: אדק"מ
שם עברי מלא: אלקטרודינמיקה קוונטית מאקרוסקופית
שם באנגלית: MACROSCOPIC QUANTUM ELECTRODYNAMICS

היקף שעות לימוד שבועיות:

הרצאה - 2, תרגול - 0, מעבדה - 0, עב.בית-3, פרויקט/סמינר-0

נקודות זיכוי: 2.0

הניקוד בתוקף מסמסטר: 01/2021 1-חורף, 2-אביב, 3-קיץ

סוג ציון: 1-מאוני צורת קביעת הציון: 5-מעקב + עבודה

המקצוע יופעל בשנה אקדמית: 2021 בסמסטר/ים: א

צורת הוראת המקצוע: הרצאה

סילבוס בעברית:

חקר אינטראקציות אור-חומר מאפשר לנו להסביר מגוון רחב של אפקטים בטבע, עם אפליקציות חשובות ושאלות מדעיות יסודיות שחלקן עדיין פתוחות.

הקורס עוסק בנושאים שבחזית המחקר באופטיקה קוונטית ובאלקטרודינמיקה קוונטית. נעשה שימוש במסגרת הקורס בפורמליזם הכללי ביותר הידוע היום לאלקטרודינמיקה קוונטית: קוונטיזציה שניה של השדה האלקטרומגנטי באמצעות התגובה להלם (פונקציות גרין) האלקטרומגנטית בתוך פורמליזם קוונטי. לאורך הדרך, נדון באפליקציות של אלקטרודינמיקה קוונטית במערכות אופטיות שונות, כדוגמת מוליכי גלים שקופים חסרי איבודים, פלטפורמות פלזמוניות, וחומרים עם אי-לוקאליות אופטית. ננתח אינטראקציות בחלק מהמערכות הבאות: אלקטרונים קשורים באטומים, מולקולות, ומוצקים, וגם אטומים מלאכותיים כמו נקודות קוונטיות ובורות קוונטיים.

נדון בהכללות של התיאוריה בהקשרים חדשים: נשתמש באלקטרודינמיקה קוונטית בשדות חזקים בשביל לפתח אפקטים באופטיקה לא ליניארית קוונטית, עם אפליקציות לייצור הרמוניות גבוהות בפולסים של אטו-שניות.

נעסוק גם באינטראקציות של קווי-חלקיקים פוטוניים. סיכום פירוט נושאים: קוונטיזציה שניה עם הכללות למקרה הרחב ביותר המכסה סביבה אופטית (בעזרת פונקציות גרין וטיפול באיבודים ואי-לוקאליות), עקרונות של אלקטרודינמיקה קוונטית מאקרוסקופית, אופטיקה קוונטית במערכות פתוחות ובהמילטוניאנים תלויים בזמן, אינטראקציות אור-חומר עם קווי-חלקיקים פוטוניים.

אינטראקציות קוונטיות של אלקטרונים חופשיים, רנורמליזציה בסביבה אופטית ובמערכות תלויות בזמן, פליטה ספונטנית עם תיקונים מעבר לקירוב הדיפול, קרינת צ'רנקוב, שזירה של אלקטרונים חופשיים ושל קווי-חלקיקים פוטוניים.

תוצאות למידה:

בסיום הקורס הסטודנט יהיה מסוגל:

1. להפעיל כלים של אלקטרודינאמיקה קוונטית מאקרוסקופית.
2. לפתח כלים של אלגטרודינאמיקה קוואנטית מאקרוסקופית עבור בעיות מחקר.

סילבוס באנגלית:

THE STUDY OF LIGHT-MATTER INTERACTIONS ALLOWS US TO EXPLAIN A WIDE RANGE OF EFFECTS IN NATURE, WITH IMPORTANT APPLICATIONS AND FUNDAMENTAL SCIENTIFIC QUESTIONS, SOME OF THEM ARE STILL OPEN.

THE COURSE FOCUSES ON TOPICS AT THE FRONTIERS OF RESEARCH IN QUANTUM OPTICS AND QUANTUM ELECTRODYNAMICS. WE WILL USE THE MOST GENERAL FORMALISM OF QUANTUM ELECTRODYNAMICS (QED) KNOWN TODAY: SECOND QUANTIZATION OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD USING THE IMPULSE RESPONSE (GREEN FUNCTION) OF ELECTROMAGNETISM INSIDE A QUANTUM FORMALISM.

THE COURSE WILL DISCUSS APPLICATIONS OF QED TO DIFFERENT OPTICAL ENVIRONMENTS, SUCH AS TRANSPARENT LOSSLESS WAVEGUIDES, PLASMONIC PLATFORMS, AND MATERIALS WITH OPTICAL NONLOCALITY. WE WILL ANALYZE INTERACTIONS IN SOME OF THE FOLLOWING SYSTEMS: BOUND ELECTRONS IN ATOMS, AND MOLECULES, AND SOLID-STATE SYSTEMS, AS WELL AS ARTIFICIAL ATOMS LIKE QUANTUM DOTS AND QUANTUM WELLS. THE COURSE WILL DISCUSS THE GENERALIZATION OF THE ABOVE THEORIES IN NEW CONTEXT: USING QED IN STRONG FIELDS TO DEVELOP NEW EFFECTS OF QUANTUM NONLINEAR OPTICS, WITH APPLICATIONS FOR HIGH HARMONIC GENERATION AND ATTOSECOND SCIENCE.

WE WILL ALSO STUDY INTERACTIONS OF PHOTONIC QUASIPARTICLES.

SUMMARY LIST OF TOPICS: SECOND QUANTIZATION WITH GENERALIZATIONS TO THE WIDEST CASE COVERING OPTICAL ENVIRONMENTS (USING GREEN FUNCTION, HANDLING LOSSES, AND NONLOCALITY) THE FOUNDATIONS OF MACROSCOPIC QUANTUM ELECTRODYNAMICS, QUANTUM OPTICS IN OPEN SYSTEMS AND IN TIME-DEPENDENT HAMILTONIANS, LIGHT-MATTER INTERACTIONS WITH PHOTONIC QUASIPARTICLES, QUANTUM INTERACTIONS OF FREE ELECTRONS, RENORMALIZATION IN AN OPTICAL ENVIRONMENT AND IN

TIME-DEPENDENT SYSTEMS, SPONTANEOUS EMISSION WITH CORRECTIONS BEYOND THE DIPOLE APPROXIMATION, CHERENKOV RADIATION, ENTANGLEMENT OF FREE ELECTRONS AND PHOTONIC QUASIPARTICLES.

LEARNING OUTCOMES:

1. THE STUDENT WILL PRACTICE AND APPLY THE FORMALISM OF MACROSCOPIC QUANTUM ELECTRODYNAMICS
2. THE STUDENT WILL DEVELOP TOOLS OF MACROSCOPIC QUANTUM ELECTRODYNAMICS FOR RESEARCH PROBLEMS

קשר בין מקצוע זה למקצועות אחרים:

מקצועות קדם:

או (115203 ו 044140)

או (115203 ו 114246)

או (124408 ו 044140)

או (124408 ו 114246)

או (046241) ו 044140)

ספרי לימוד :

ספר לימוד מס. 1
שם המחבר : COHEN-TANNOUDJI, C. DUPONT-ROC, J. AND G RYNBERG, G.
שם הספר : ATOM-PHOTON INTERACTIONS: BASIC PROCESSES AND APPL
ICATIONS
שנת הוצאה : 1998
מו"ל : WILEY-VCH
הספר הינו ספר מומלץ.

ספר לימוד מס. 2
שם המחבר : COHEN-TANNOUDJI, C., DUPONT-ROC, J. AND GRYNBERG, G.
שם הספר : PHOTONS AND ATOMS-INTRODUCTION TO QUANTUM
ELECTRODYNAMICS
שנת הוצאה : 1997
מו"ל : WILEY-VCH
הספר הינו ספר מומלץ.
מספר זיהוי בספריית הטכניון :

ספר לימוד מס. 3
שם המחבר : PESKIN, M.E.
שם הספר : AN INTRODUCTION TO QUANTUM FIELD THEORY
שנת הוצאה : 1995
מו"ל : CRC PRESS
הספר הינו ספר מומלץ.

ספר לימוד מס. 4
שם המחבר : HARRIS, E.G.
שם הספר : A PEDESTRIAN APPROACH TO QUANTUM FIELD THEORY
שנת הוצאה : 2014
מו"ל : COURIER CORPORATION
הספר הינו ספר מומלץ.

ספר לימוד מס. 5
שם המחבר : NOVOTNY, L AND HECHT, B.
שם הספר : PRINCIPLES OF NANO-OPTICS
שנת הוצאה : 2012
מו"ל : CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS
הספר הינו ספר מומלץ.

ספר לימוד מס. 6
שם המחבר : SCHEEL, S. AND BUHMANN, S.Y.
שם הספר : MACROSCOPIC QED-CONCEPTS AND APPLICATIONS
שנת הוצאה : 2009
מו"ל : ACTA PHYSICA SLOVACA
הספר הינו ספר מומלץ.

ספר לימוד מס. 7
שם המחבר : LEWENSTEIN, M.,BALCOU, P., IVANOV, M.Y., L'HULLIER, A.AND
CORKUM, P.B.
שם הספר : THEORY OF HIGH-HARMONIC GENERATION BY LOW-FREQUENC Y
LASER FIELDS
שנת הוצאה : 1994
מו"ל : PHYS. REV.
הספר הינו ספר מומלץ.

ה'2 (2 נקודות)	<u>י. יעיש</u>	<u>צינוריות פחמן, גרפן וחומרי ואן דר-ואלס</u>	<u>048050</u>
		<u>דו מימדיים</u>	

שם עברי מקוצר : אלקטרוניקה במימד 1 ו-2

דרישות קדם :

סילבוס בעברית (עד 50 מילים, ניתן להוסיף בנוסף נושאי לימוד)

מבנה פסים של גרפן וצינוריות פחמן. הולכה חשמלית במבנים חד ודו-מימדיים. תיאוריית לנדאוור. מחסומי שוטקי. נקודות קוונטיות ומחסום קולומבי. זרמי ספין ופסאודו-ספין. מבנים מעורבים מבוססי חומרי ואן דר-וואלס דו מימדיים. פער אנרגיה, ניידות ותכונות אופטיות.

מקורות:

1. Datta, S. Electronic Transport in Mesoscopic Systems. Cambridge Univ. Press, 1995. s.n. 2199290
2. Saito, R., Dresselhaus, G., Dresselhaus, M.S., Physical Properties of Carbon Nanotubes. World Scientific Publishing Company, 1st ed. 1998.
3. Few review papers in the field

תוצאות למידה:

בשנים האחרונות התפתח מחקר מעמיק בחומרים דו-מימדיים בעלי עובי של אטום בודד. חומרים אלו שייכים למשפחה של חומרים בהם הקשר בתוך השכבה חזק אולם בין השכבות חלש (קשרי ואן דר-וואלס). לכן, ניתן לייצר מהם שכבות דו-מימדיות ולחקור את תכונותיהם הפיסיקליות, החשמליות, המכאניות והאופטיות. חומרים אלו מהווים כיום כר נרחב להתקנים מגוונים שלא ניתן היה לממשם קודם לכן. במהלך הקורס נלמד על חומרים אלו, על שיטות האפיון השונות שלהם ועל השימושים שלהם במחקר ובתעשייה. בסוף הקורס הסטודנט יתוודע למחקר העכשווי בתחום ויוכל להבין ולנתח את התוצאות המתקדמות בתחום.

הרכב הצינון: 30% תרגילי בית, 70% הצגת וניתוח מאמר

Carbon Nanotubes Graphene and van der Waals Materials שם הקורס באנגלית

English syllabus: עד 50 מילים, ניתן להוסיף בנוסף נושאי לימוד

Band structures of graphene and carbon nanotubes. Electrical transport through 1-dimensional and 2-dimensional structures. Landauer theory. Schottky barrier.

Quantum dots and Coulomb Blockade. Spin and valley current. Heterostructures based on van der Waals 2 dimensional materials. Band gap, mobility, and optical properties.

Learning Outcomes:

During the last few years a new research area of 2 dimensional (2D) materials of single atom width has being developed. These materials belong to a family of materials in which the coupling within a single layer is strong but between the layers is weak (van-der Waals coupling). As a results, it is possible to fabricate truly 2D layers and study their physical, electrical, mechanical, and optical properties.

During this course the student will study about these materials, their characterization methods, and their applications in research and industry. By the end of the course the student will be aware to up to date research in this field and be able to understand and analysis advanced results in this area.

ה'2	<u>ע. ילון</u>	<u>פיזור אנרגיה בהתקנים אלקטרוניים</u>	048051
-----	----------------	--	--------

(2 נקודות)

לא יינתן השנה

שם מקוצר: אנרגיה בהתקנים

מקצועות קדם: יסודות התקני מל"מ (044125).

סילבוס בעברית:

ביצועי מעבדים מוגבלים ע"י יכולתם לפנות חום למעלה מעשור. בקורס נבין את התהליכים הפיזיקליים העומדים בבסיס ההתחממות, בדגש על ההתקן האלקטרוני (הטרנזיסטור לדוגמה) כמקור החום. נבין את השפעת המזעור, פני שטח, משטחי ביניים ומגעים. ננתח פעולת התקנים בהיבט תרמי ונסקור טכניקות מדידת טמפרטורה והשלכות על ביצועי ההתקן ויעילותו באנרגיה.

מקורות: הקורס יתבסס על ספרים ומאמרים, לדוגמה:

1. G. Chen, "Nanoscale energy transport and conversion: a parallel treatment of electrons, molecules, phonons, and photons." *Oxford University Press*, 2005.
2. Ashcroft, Neil W., and N. David Mermin. "Solid state physics" (1976).
3. Rohsenow, Warren M., James P. Hartnett, and Young I. Cho. Handbook of heat transfer. Vol. 3. New York: McGraw-Hill, 1998.
4. E. Pop, "Energy Dissipation and Transport in Nanoscale Devices," *Nano Research* 3, 147, 2010.
5. G. Wachutka, "Rigorous thermodynamic treatment of heat generation and conduction in semiconductor device modeling," *IEEE Trans. CAD* 9, 1141 (1990)
6. U. Lindefelt, "Heat Generation in Semiconductor Devices," *J. Appl. Phys.* 75, 942 (1994)
7. R. Lake, S. Datta, "Energy balance and heat exchange in mesoscopic systems," *Phys. Rev. B* 46, 4757 (1992)

תוצאות למידה:

עם השלמת הקורס בהצלחה:

1. הסטודנטים יבינו את חשיבות החימום ופיזור הספק בהתקנים וכיצד הם באים לידי ביטוי בביצועי ההתקן.
2. הסטודנטים יכירו ויוכלו להבחין בין מנגנוני פיזור חום שונים בהתקנים.
3. הסטודנטים ידעו כיצד לגשת לפתרון בעיה הקשורה בחום וכיצד לקשר בין תכונות החומר וההתקן לבין התנגדותו התרמית, אופן פיזור ההספק, ביצועים, התחממות ויעילות באנרגיה בהתקנים שונים (טרנזיסטורים והתקני זכרון דוגמת ממריסטורים).
4. הסטודנטים יהיו מסוגלים לבצע אנליזה תרמית של התקן, כולל בניית מודל תרמי בסיסי.

הרכב הציון:

60% הצגת מאמר בכיתה

40% תרגילי בית

שם הקורס באנגלית: Energy Dissipation in Electronic Devices

English syllabus:

We will study the underlying physics of heating in electronics, with emphasis on the device (the heat source). Scaling effects, interfaces and contacts. Passive and active devices, as well as thermally activated devices. We will review device thermometry techniques and implications of heating on device performance and energy efficiency.

Learning Outcomes:

After the successful completion of the course:

1. The students will understand the importance of heating in electronic devices and how it affects device performance.
2. The students will be familiar with the different regimes of power dissipation in electronic devices.
3. The students will know how to approach problems in device heat dissipation and how to relate the device structure and material properties to power dissipation, performance, and energy efficiency.
4. The students will know how to perform thermal analysis of the device, including the development of a basic thermal model.

ה'2 (2 נקודות)	נושאים מתקדמים בהנדסת מחשבים 1	048075
-------------------	---------------------------------------	---------------

הקורס יעסוק בנושאים מתקדמים במבנה, תכנון וניתוח של מערכות מחשבים, ויסקור מאמרים עדכניים בתחום עיסוקו של המרצה. הקורס ישמש גם כבסיס לסטודנטים המעוניינים לבצע עבודת מגיסטר או דוקטור.

The course will cover advanced topics in design and analysis of computer systems and will survey recent literature connected to the lecturer's research interest.
The course will also serve as a basis for students interested in doing a master's or doctoral thesis

ה'2 (2 נקודות)	נושאים מתקדמים בהנדסת מחשבים 2	048076
-------------------	---------------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

הקורס יעסוק בנושאים מתקדמים במבנה, תכנון וניתוח של מערכות מחשבים, ויסקור מאמרים עדכניים בתחום עיסוקו של המרצה. הקורס ישמש גם כבסיס לסטודנטים המעוניינים לבצע עבודת מגיסטר או דוקטור.

Will not be given the year

ה'2, 0 ת' (2 נקודות)	ד. סודרי	נושאים בתיאוריה של למידה עמוקה	048101
-------------------------	-----------------	---------------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

שם עברי מקוצר: נושאים בתיאוריה של רשתות עמוקות

מקצועות קדם: מערכות לומדות (0461959), אותות אקראיים (44202), או קורסים דומים.

סילבוס בעברית:

בקורס נלמד על תוצאות תיאורטיות ותיקות וחדשות על רשתות נוירונים. לדוגמא: מהן יכולות הקירוב של רשתות נוירונים? מהי הדינמיקה בזמן האופטימיזציה? מתי נצפה לבעיות תהליך האופטימיזציה? מהי ה"רגולרציה החבויה" בתהליך האימון ובבחירת פונקציית המחיר? מהן בעיות קשות עבור רשתות נוירונים? איך נבחר היפר-פרמטרים? כיצד נכמת את אי-הוודאות והשגיאה הסטטיסטית בלמידה?

מקורות: הקורס יתבסס על מאמרים עדכניים מהספרות.

תוצאות למידה:

עם השלמת הקורס בהצלחה:

5. הסטודנטים ישפרו את יכולתם לקרוא, לנתח ולהשוות תוצאות תיאורטיות מהספרות בנושאים הקשורים ללמידה עמוקה.
6. הסטודנטים יהיו מסוגלים להרחיב ולבנות על תוצאות תיאורטיות קיימות כך שיתאימו לבעיות רלוונטיות אחרות.
7. הסטודנטים יקבלו אינטואיציה טובה יותר לגבי שיקולים תיאורטים בבנייה, אימון ובחינה של רשת עמוקה.

English syllabus:

The course will cover old and new theoretical results on neural networks. For example, what are the approximation capabilities of deep networks? How to quantify the uncertainty and statistical error in learning? What is the dynamics during the optimization process? When do we expect problems in the optimization process? What are hard problems for neural networks? How should we select hyper-parameters?

Learning Outcomes:

After the successful completion of the course:

5. The students will improve their ability to read, analyze and compare theoretical results from the literature.
6. The students will be able to extend and build on existing theoretical proofs so that they will address other relevant problems.
7. The student will get better intuition regarding theoretical considerations when building, training and testing a deep neural networks.

ה'2 (2 נקודות)	<u>תכן ויישום של מערכות למידה עמוקה</u>	048661
-------------------	--	---------------

לא יינתן השנה

מבוא ללמידה חישובית, סקירת המושגים והאלגוריתמים הבסיסיים המאפשרים שימוש ברשתות נוירונים רב שכבתיות עבור בעיות סיווג מורכבות. נושאים מעשיים של מימוש מערכות מבוססי רשתות כאלה, כגון מחשוב מקבילי על מעבדים מרובי ליבות אופטימיזציה של חישובים, וכן ביזור חישובים על צבירה של מחשבים.

תוצאות למידה

- בסיום הקורס הסטודנט יהיה מסוגל:
1. לקבל כלים מעשיים לבניית מערכות ללמידה עמוקה.
 2. ללמוד טכניקות לתכנות מקבילי תכנות gpus
 3. להבין גישות לשיפור ביצועים.

Will not be given the year

Solving Classification Problems Using Multi - Layer Neural Networks (Nn) Practical Aspects of Implementing Nn Systems, Including Parallel Computing on Multicores and Gpus Program Optimization and Parallelization for Distributed Systems. Introduction to Machine at the end of the Course the Students Will Know:

1. Parallel Computing for Multicores and Gpus.
2. Methods for Performance Optimization.

ה'2 (2 נקודות)	נושאים מתקדמים בתקשורת ואינפורמציה 2	048704
-------------------	---	---------------

לא יינתן השנה

תסקרנה ההתפתחויות בשנים האחרונות בתקשורת בערוצים צרי סרט

Will not be given the year

Topics Will Be Selected from the Following: Communication Channels, Bandwidth Efficient Modulation and Demodulation Techniques.

2 ה' (2 נקודות)	<u>נושאים מתקדמים באופטו אלקטרוניקה 1</u>	048710
-----------------	--	---------------

לא יינתן השנה

4 מ' (2 נקודות)	<u>מ. הורוביץ</u>	<u>מעבדה באלקטרואופטיקה 2, 1</u>	048711 048712
-----------------	--------------------------	---	--------------------------------

הקורס כולל למוד עצמי (בקריאה מודרכת) של עקרונות פעולת הלייזר, מבנה הלייזר ותכונותיו ובצוע פרויקט מעבדתי באחד או יותר מן הנושאים הבאים: עבוד אותות בשיטות אופטיות; צילום הולוגרפי; מדידות בעזרת לייזרים; בנייה של מערכות אלקטרואופטיות; חקר תכונות של לייזרים; תקשורת אופטית, ואופטיקה לא לינארית, שיטות בדיקה ללא הרס.

2 ה' (2 נקודות)	<u>נושאים מתקדמים במערכות למידה ובקרה</u>	048715 <u>1</u>
-----------------	--	----------------------------------

לא יינתן השנה

מקצוע זה הינו מקצוע מתקדם בנושא מערכות, למידה ובקרה העוסק בנושאי מחקר מתחום עיסוקו של המרצה. סילבוס מפורט יקבע ע"י המרצה והוועדה ללימודי מוסמכים לפני הסמסטר בו יינתן הקורס. סמסטר א' תשע"ט: תיאוריה של רשתות עמוקות. סמסטר א' תש"ף: נושאים בתיאוריה של רשתות עמוקות.

Will not be given the year

Be Concerned with Advanced Topics of Current Interest Which Lie Within the Research Interests of the Teacher. a Detailed Outline Will Be Provided by the Lecturer and the Graduate Studies Committee Prior to the Semester in Which the Course Is Given.

2 ה' (2 נקודות)	<u>נושאים מתקדמים במערכות למידה ובקרה</u>	048716 <u>2</u>
-----------------	--	----------------------------------

לא יינתן השנה

מקצוע זה הינו מקצוע מתקדם בנושא מערכות, למידה ובקרה העוסק בנושאי מחקר מתחום עיסוקו של המרצה.

2 ה' (2 נקודות)	<u>נושאים מתקדמים במערכות, למידה ובקרה 4</u>	048718
-----------------	---	---------------

לא יינתן השנה

מקצוע זה הינו מקצוע מתקדם בנושא מערכות, למידה ובקרה העוסק בנושאי מחקר מתחום עיסוקו של המרצה.

048720	<u>נושאים מתקדמים בלמידת מכונה 1</u>	<u>א. תמר</u>	ה 2 (2 נקודות)
--------	--------------------------------------	---------------	-------------------

לא יינתן השנה

קורס מתקדם שיעסוק בנושאים שונים בלמידת מכונה, בתחום עיסוקו של המרצה. סילבוס מפורט ותוצרי למידה יפורסמו לפני תחילת כל סמסטר בו יינתן הקורס.

048721	<u>נושאים מתקדמים בלמידת מכונה 2</u>	<u>ש. מנור</u>	ה' 2 (2 נקודות)
--------	--------------------------------------	----------------	--------------------

הנושא בשנת תשפ"ג: קבלת החלטות סדרתית בגבול המידע המועט

דרישות קדם: קורס בלמידה על ידי חיזוקים או באישור המרצה
מקצועות קדם/מקצוע זה/מקצועות ללא זיכוי נוסף/דרישות צמידות

סילבוס בעברית (עד 50 מילים, ניתן להוסיף בנוסף נושאי לימוד)
הקורס הוא קורס מתקדם בקבלת החלטות סדרתיות כשיש הרבה אי ודאות עקב בניית מודל ממידע מועט. קבלת החלטות בגבול המידע המועט היא בעיה קריטית ביישומים רבים של למידה, תכנון ובקרה. במסגרת הקורס נציג מספר גישות להתמודדות עם קבלת החלטות סדרתית בגבול המידע המועט, נדון אפליקציות רלוונטיות ובפרט ברפואה, ונתאר את המגבלות והיתרונות של הגישות השונות.

מקורות:
מאמרים מהשנים האחרונות

תוצאות למידה:

1. עם השלמת הקורס בהצלחה, הסטודנט יהיה מסוגל להסביר את השיטות השונות לקבלת החלטות סדרתית בגבול המידע המועט, להשוות אותן ולתאר את היתרונות והחסרונות שלהן.
 2. עם השלמת הקורס בהצלחה, הסטודנט יהיה מסוגל להשתמש בשיטות שונות לקבלת החלטות בסדרתית בגבול המידע הקטן.
 3. עם השלמת הקורס בהצלחה, הסטודנט יהיה מסוגל לקרוא מאמרים בחזית הידע בתחום קבלת החלטות סדרתית.
- הרכב הציון: עבודה 100% הכוללת הרצאה לשאר הסטודנטים ודיון 1:1 עם המרצה.

שם הקורס באנגלית Advanced topics in Machine Learning 2

עד 50 מילים, ניתן להוסיף בנוסף נושאי לימוד English syllabus:

An advanced class in sequential decision making when there is a lot of uncertainty because there we are in the small data regime. Sequential decision making in the small data regime is a critical issue in many applications of learning, planning and control. We will present several

approachs to approach this issue, discuss applications (mostly in medicine), and describe the limitations and advantages of the different methods.

Learning Outcomes:

At the end of the course, the student will know how to

1. Explain different approaches to sequential decision making in the low-data regime. Specifically, the student would be able to compare this method and will point to their limitations and advantages.
2. Apply the different approaches to sequential decision problems in the small data limit.
3. Read papers from the state-of-the-art in the relevant field.

048722	נושאים נבחרים בלמידה: אופטימיזציה לבעיות למידה מודרניות	ב. יהודה לוי	2 ה' (נקודות)
--------	--	---------------------	---------------

נושא בשנת תשפ"ג: שיטות אופטימיזציה מתקדמות ללמידה

מקצועות קדם: מערכות לומדות (0461959), מבוא להסתברות (104034), שיטות חישוביות באופטימיזציה (046197) או קורסים דומים.

אופי הקורס: הקורס יועבר ברובו במתכונת סמינר.

סילבוס בעברית:

כלים ושיטות מתקדמות לאופטימיזציה תופסים מקום מרכזי בתחום של למידה ובעיות עם נתוני עתק. בקורס נלמד רעיונות וכלים מתקדמים באופטימיזציה ונדגים את הקשר החזק בינם לבין בעיות בלמידה וסטטיסטיקה.

נושאי הקורס:

נושא א-שיטות לאופטימיזציה לא קמורה:

- שיטות למציאת נקודה סטציונרית
- בעיות קוואזי-קונבקסיות ושיטות לפתרון
- בעיות מסוג strict-saddle והיכן בעיות כאלו מופיעות בלמידה
- שיטות לפתרון בעיות strict-saddle
- שיטות גרדיינט עם Langevin dynamics
- שיטות לפירוק טנזורי ושימושן בלמידת פרמטרים חבויים

נושא ב-שיטות לפתרון בעיות מינימקס:

- בעיות מינימקס בהקשר של למידה וסטטיסטיקה
- שיטות primal-dual וה mirror-prox
- שיטות סב-לינאריות ללמידה דרך גישת מינימקס
- שיטות מתקדמות לפתרון משחקים מטריציים
- שיטות primal-dual לבעיות סטטיסטיקה חסינה, ולמידה חסינה

נושא ג-שיטות ללמידה מקבילית:

- שיטות (סינכרוניות וא-סינכרוניות) לפתרון בעיות מקביליות עם שרת מרכזי (לא מבוזרות)
- שיטות מתקדמות (סינכרוניות וא-סינכרוניות) ללמידה מקבילית מבוזרת

מקורות:

- Recent papers from the literature (**main resource**)
- Jain, Prateek, and Purushottam Kar. "Non-convex Optimization for Machine Learning." *Foundations and Trends® in Machine Learning* 10.3-4 (2017): 142-363.

- Anandkumar, A., Ge, R., Hsu, D., Kakade, S. M., & Telgarsky, M. (2014). Tensor decompositions for learning latent variable models. *Journal of Machine Learning Research*, 15, 2773-2832.
- Bubeck, Sébastien. "Convex Optimization: Algorithms and Complexity." *Foundations and Trends® in Machine Learning* 8.3-4 (2015): 231-35

תוצאות למידה:

עם השלמת הקורס בהצלחה:

1. הסטודנטים יכירו שיטות וכלים מתקדמים לאופטימיזציה ויהיו מסוגלים לקרוא ולהבין מאמרים בתחום.
2. הסטודנטים יוכלו להשתמש בכלים שילמדו לפתרון בעיות ולבניית שיטות למידה חדשות.

הרכב הציון:

50% פרויקט , 50% הצגה סמינריונית בכיתה

שם הקורס באנגלית: Advanced Optimization Methods for ML

English syllabus:

Optimization is a central tool to formalizing and solving Machine Learning and “Big Data” problems.

We will study recent advanced tools in optimization and demonstrate how to employ these tools in order to solve problems in statistical learning, optimization and game theory.

Topics:

Topic A: Non-convex Optimization:

- Finding stationary point
- Solving Quasi-convex optimization problems
- Strict-saddle problems in ML
- Solving strict-saddle problems
- Gradient methods with Langevin dynamics
- Tensor decomposition and its use in latent variable models

Topic B: Minimax problems:

- Minimax problems in ML and statistics
- Primal-dual and Mirror-Prox methods
- Sublinear methods using minimax approach
- Advanced methods to solving minimax games
- Primal-dual methods for robust statistics and ML

Topic C: Distributed Learning:

- Synchronous and Asynchronous methods for centralized problems
- Synchronous and Asynchronous methods for de-centralized problems

Learning Outcomes:

After the successful completion of the course:

1. The students will know advanced techniques and algorithms in optimization, and will be able to read and understand related papers.
2. The students will be able to design and analyze optimization methods using the tools that we will study.

דרישות קדם:

"מערכות לומדות" 046195, או "מבוא למערכות לומדות" 236756
בקורס זה נתכנת ב-Python ונשתמש בסביבת PyTorch, כפי שנלמד בקורס מערכות לומדות (מאז אביב 2019). חומר עזר יינתן לסטודנטים שצריכים רענון, אך באחריות הסטודנטים להשלים כל חוסרים.

סילבוס בעברית

מטרת הקורס לאפשר לסטודנטים להבין ולתכנן מערכות לומדות לתחום הדיבור, להבין איך הדיבור מיוצג במערכות האלו וכיצד הן עובדות. נתרכז בזיהוי אוטומטי של ויצירת דיבור. נסביר כיצד עובדות מערכות זיהוי הדיבור הטובות ביותר כיום ומהי חזית המחקר בתחום. כמו כן נציג כיצד מייצרים דיבור סינטטי באיכות אנושית, ומהי חזית המחקר בתחום זה.

פרוט נושאי הלימוד והערכת משכם:

1. הקדמה ותיאור סיגנל הדיבור – 2 שעות.
מה נעשה בקורס? התפתחות תחום הזיהוי ויצירה של דיבור בשנים האחרונות עם הדגמות; איך נוצר דיבור? תיאור סיגנל הדיבור בזמן ובתדר. פונמות, קבוצות פונמות, תיאור הפרמטרים הפונטיים-אקוסטיים: התדר היסודי של הדיבור, תדרי התהודה של הדיבור (פורמנטים), פרוזודיה (prosody);
2. מבוא לזיהוי דיבור – 2 שעות.
זיהוי מילה בודדת על ידי מתיחה וכיווץ בזמן – Dynamic Time Wrapping (DTW) –
מדידת שגיאות בזיהוי דיבור ופונקצית Connectionist Temporal Classification (CTC).
3. מערכות זיהוי דיבור מבוססות רשתות עמוקות – 2 שעות.
נתאר ונבין את המערכות המודרניות לזיהוי דיבור באיכות גבוהה: DeepSpeech ו-wav2letter.
4. מערכות זיהוי דיבור מבוססי רשתות עמוקות עם Attention – 2 שעות.
נסביר את מנגנון ה-Attention; מנגנוני זיהוי דיבור מבוססי Attention כמו Listen, Attend, Spell
5. מערכות זיהוי דיבור מבוססי רשתות עמוקות עם Transformers – 2 שעות.
נסביר את מנגנון Self-Attention; למידה עם Transformers; מנגנון BERT; נראה איך מנגנונים אלו זה משפרים מערכות לזיהוי דיבור.
6. ייצוג דיבור על ידי למידה עצמית – 2 (self-supervision) שעות.
נסביר כיצד ניתן ללמוד ייצוג על ידי Contrastive Predictive Coding. נתאר כיצד פונקציה זו יצרה מודלים ללמידה עצמי של ייצוגים. נציג את מערכות כמו wav2vec ונגזרותיהם.
7. יצירה של דיבור: מבוא ו-2 vocoders שעות.
מבוא ליצירה של דיבור. היסטוריה קצרה של התחום. מבנה מערכות יצירת דיבור מודרניות.
נתאר את החלק הראשון ביצירה של דיבור על ידי למידה עמוקה. נדון בקושי של ייצוג סיגנל הדיבור בזמן מתוך הספקטרום ונציג מערכות שעושות את זה: אלגוריתם Griffin & Lim, wavenet, HiFiGAN ושיטות נוספות.
8. יצירה של דיבור: 2 – spectrum שעות.
נראה כיצד ניתן ליצור ספקטרום של דיבור באיכות גבוהה מתוך טקסט וכיצד בונים מערכת text-to-speech מלאה. נדבר על מערכות מהשנים האחרונות ליצירת דיבור: Tacotron2 ו-FastSpeech.
- 9-14. הצגת מאמר מרשימת מאמרים על ידי הסטודנטים.

מקורות:

הקורס אינו עוקב אחר מקור מסויים, אלא על מאמרים שיוצגו במהלך הקורס.

תוצאות למידה:

עם השלמת הקורס בהצלחה, הסטודנטים יהיו מסוגלים:

1. להבין כיצד נוצר דיבור ומהם המרכיבים האקוסטיים של דיבור
2. להבין כיצד מיוצג הדיבור במערכות מבוססות רשתות עמוקות
3. להכיר את המודלים ושיטות אימון המקובלות במערכות לזיהוי דיבור אוטומטית.
4. להכיר את המודלים ושיטות אימון המקובלות במערכות ליצירת דיבור סינטטית.

הרכב הציון:

55% הצגת מאמר על ידי הסטודנט

45% שיעורי בית הכוללים חלק "יבש" ו"רטוב"

English syllabus:

The course will present the speech signal and how it is represented for machine learning systems. The course will be focused on the most recent advances in automatic speech recognition, speech representation, and speech synthesis.

Learning Outcomes:

With the completion of the course, the students:

1. Will understand how speech is generated and what are the acoustic components of the speech signal.
2. Will understand how speech is represented in deep neural network systems.
3. Will familiar with the most recent models for automatic speech recognition.
4. Will familiar with the most recent models for speech synthesis.

More Information:

Staff: lectures will be given by Prof. Yossi Keshet, tutorials will be given by XXXX and the HW will be graded by YYYY. Details on contacting us are available on the Moodle.

Hybrid Teaching: The current status is that we can only have some of you in the class and the rest will join on Zoom.

- **Lectures** –.
- **Tutorials** –.

Working Environment: the lectures will be in a PowerPoint slides format and will be published on the Moodle website. The tutorials will be in a Jupyter Notebook format, to include both math and Python code. PDF version of the tutorials will be uploaded to the Moodle, and the raw notebooks will be available on the course's GitHub (see below). For HW, you will also be required to write in Python and submit Jupyter Notebooks (you can use any IDE you like, but the final submission must be in a Jupyter Notebook). We have prepared a manual (with video tutorial) for you how to set-up a working environment on your local machine or work remotely on Google Colab (which will also give you a GPU), and you can find it on Moodle.

HW: there will be 3-4 HW exercise.

Forum: our forum will be hosted on Piazza, please register with your @campus emails. **You can use the forum to search for a partner.** If you are new to Piazza, please see our short video tutorial on Moodle.

Office Hours: we will be happy to set-up office hours with you. Please set them up with us via emails.

2 ה' (2 נקודות)	<u>נושאים מתקדמים בתורת הגלים 1</u>	048732
-----------------	--	---------------

לא יינתן השנה

מקצוע זה הינו מקצוע מתקדם בתורת הגלים ויעסוק בנושאי מחקר מתחום עיסוקו של המרצה.

2 ה' (2 נקודות)	<u>מערכות ביו-אקסיטביליות</u>	048746
-----------------	--------------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

מזה מאתיים שנה ויותר מהוות מערכות ביו-אקסיטביליות מקור השראה לפיתוח כלים ותיאוריות הנדסיות. הקורס מכוון להקניית ידע מקיף ועדכני הנוגע להיבטים פיסיקליים והנדסיים של תופעות חשמליות בתאים ביולוגיים אקסיטביליים, בהקשר הפיזיולוגי הרלוונטי (לב, מוח, שריר שלד, שרירים לא רצוניים, רקמות אנדוקריניות).

1. התלמיד יוכל להסביר את הבסיס הפיסיקלי של אותות חשמליים ברקמות ביולוגיות.
2. התלמיד יוכל לתכנן חקירה אלקטרופיזיולוגית של תכונות חשמליות ברקמות ביולוגיות.
3. התלמיד יוכל לנתח אותות אלקטרופיזיולוגיים.
4. התלמיד יוכל לנסח מודלים ביופיסיקליים המתארים תכונות של מערכות אקסיטביליות ברמות הפשטה שונות.

Will not be given the year

Over the Past Two Hundred Years Bio-Excitable Systems Have Continually Inspired Development of Concepts and Theories in the World of Engineering. the Course Is Aimed at Providing Extensive and Updated Knowledge Pertaining to Physical and Engineering Aspects of Electrical Excitability in Biological Cells, Within a Physiologically Relevant Outcomes:

1. the Student Will Be Able to Explain the Physical Basis of Bio-Electric Phenomena
2. the Student Will Be Able to Plan Electrophysiological Investigation of Electrical Signals in Biological Tissues.
3. the Student Will Be Able to Analyze Electrophysiological Data.
4. the Student Will Have the Tools to Formulate Biophysical Models That Capture Key Features of Bio-Excitability at Several Abstraction Levels.

מ'4, (2 נקודות)	<u>מ. פורת</u>	<u>מעבדה באותות ומערכות ביולוגיים</u>	048747
--------------------	----------------	---------------------------------------	--------

מקצוע קדם:

046326 - מבוא לאותות ומערכות ביולוגיים.

מקצועות מומלצים:

048820 - אנליזה של אותות פיזיולוגיים.

046331 - בקרת מערכות פיזיולוגיות.

046332 – מערכות ראייה ושמיעה.

אנליזה של מערכות פיסיולוגיות. פתוח שיטות לזיהוי תבניות אותות למטרות אבחון מחלות (EEG, ECG, EMG, ERG, אותות תנועת העין), תכנון ובנית מכשור הדרוש במחקר פיזיולוגי וקליני. מדידות פרמטרים ביולוגיים ואנליזה של חשיבותם במערכות ביולוגיות. פתוח מודלים של מערכות ביולוגיות ובחינתם על ידי דמוי ספרתי ואנלוגי.

ה' 2 (2 נקודות)	<u>נושאים מתקדמים בתכנון מחשב 1</u>	048750
--------------------	-------------------------------------	--------

לא יינתן השנה

קורס הדרן בנושאים מתקדמים במבנה, תכנון ואנליזה של מערכות מחשבים. הקורס ימש גם כבסיס למשתמשים המעוניינים לבצע עבודת מגיסטר או דוקטור.

Will not be given the year

Course Addressing Advanced Topics in Architecture, Design and Analysis of Computer Systems. the Course Will Also Serve as a Basis for Student Interested in Carrying Out Thesis Research in the Field.

ה' 2 (2 נקודות)	<u>אופטימיזציה דינאמית</u>	048756
--------------------	----------------------------	--------

לא יינתן השנה

מבוא לחשבון ואריאציות. בעיות אופטימיזציה למערכות דינאמיות. הרחבה לפונקציות במספר משתנים. עקרון המקסימום. אופטימיזציה דינאמית עם אילוצי מסלול. משוב אופטימאלי. בעיות סינגולריות. משוואות דיפרנציאליות חלקיות של תכנות דינאמי. שימושים ודוגמאות, כולל בתחומים של ניווט, ניתוח תמונות ותורת המימון. מבוא לתורת המשחקים הדיפרנציאליים. מבוא לתורת הבקרה הסטוכסטית.

Will not be given the year

Introduction to Calculus of Variations. Optimization Problems for Dynamic Systems. Extension to Multivariate Functions. the Maximum Principle. Dynamic Optimization with Path Constraints. Optimal Feedback. Singular Problems. the Partial Differential Equations of Dynamic Programming. Applications and Examples, Including Navigation, Image Analysis and Finance. Introduction to the Theory of Differential Games. Introduction to Stochastic Control Theory.

2 ה' (2 נקודות)	<u>פרקים בתקשורת ספרתית 1</u>	048771
-----------------	--------------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

מבוא לשדור נתונים. חסמים לתקשורת בערוץ גאוסי דיספרסיבי. שערך סידרתי אופטימלי תוך שמוש באלגוריתם של ויטרבי. אפיון הפרה בינסימנית ואמדן ביצועים תוך שימוש בטכניקות חסימה לפי צירנוף. שוויון לינארי ושיוויזון משוב- החלטה. אלגוריתמים רקורסיביים לכוונון מקדמי הגבר המשוון.

Will not be given the year

Introduction to Data Transmission. Bounds on Communication Rates Over Dispersive Gaussian Channels. Optimum Sequence Estimation Using the Viterbi Algorithm. Characterization of Intersymbol Interference and Performance Evaluations Using Chernoff Bounding Techniques. Linear and Decision Feedback Equalization. Recursive Algorithms for Adjustment of Tap Gains.

2 ה' (2 נקודות)	<u>תכונות אופטיות של מוליכים למחצה</u>	048790
-----------------	---	---------------

לא יינתן השנה

פורמליזם בסיסי של אנטראקציה של אור ומוצקים. יושם דגש על מוליכים למחצה, כולל דווח על שיטות נסיוניות. יכללו הנושאים המיוחדים הבאים: מגנטון- אופטיקה, אופטיקה לא לינארית, לייזרים של בורות קוונטיים

Will not be given the year

Basic Formalism of the Interaction of Light and Solids. Absorption of Light in Semiconductors and Metals. Experimental Methods Including Kromer-Kronig Relation. Scattering of Light. Magneto optic, Acousto-Optic and Electro-Optic Effects and Devices, Non-Linear Optics.

2 ה' (2 נקודות)	<u>רעש בהתקנים אלקטרוניים</u>	48811
-----------------	--------------------------------------	--------------

לא יינתן השנה

מבוא: פילוגים סטטיסטיים, משפטי הצפיפות ההספק הספקטרלית, משוואת Langevin הקשר fluctuation - dissipation מכניזמים בסיסיים של רעש: רעש תרמי - (Nyquist) הוכחות שונות, רעש ברד, רעש גרציה - רקומבינציה במוליכים למחצה. רעש בצומת pn ובטרנזיסטור ביפולרי - מודלים מפורטים, סכמות תמורה לרעש, רעש תרמי בטרנזיסטור, mos, רעש מפולת. מודלים כלליים פיזיקליים ומתמטיים לרעש, $f/1$ רעש, $f/1$ mosfet, רעש- $f/1$ בנגדים, רעש $f/1$ בהתקנים אלקטרוניים שונים. שימוש במדידות רעש כבחון רגיש לדפקטים ולמנגנוני דגרדציה בהתקנים אלקטרוניים, ספקטרוסקופיה של רמות אנרגיה של מצבים במוליך למחצה בעזרת מדידות רעש. שימוש במדידות

רעש בהתקנים זעירים להתבוננות באירועים דינמיים מיקרוסקופיים (סקירה). רעש ומערכות ליניאריות, ספרת רעש, טכניקות אפיון, טכניקות להקטנת רעש $f/1$ במגברים

Will not be given the year

Introduction: Statistical Distributions, Power-Spectral Density Theorems, Langevin Equation, Fluctuation-Dissipation Relation. Fundamental Noise Mechanisms: Thermal Noise (Nyquist) - Several Proofs, Shot Noise, Generation-Recombination Noise in Semiconductors. Noise in Pn Junction and Bipolar Transistor - Detailed Models, Equivalent Circuits of Noise, Thermal Noise in Mos Transistor, Avalanche Noise. General Physical and Mathematical Models for $1/F$ Noise in Mosfets, $1/F$ Noise in Resistors, $1/F$ Noise in Various Electronic Devices. the Use of Noise as a Sensitive Probe for Degradation Mechanisms in Electronic Devices, Noise Spectroscopy of Bulk Levels in Semiconductors. Noise as a Probe for Observing Discrete Microscopic Events in Mesoscopic Devices (Review). Noise and Linear Systems, Noise Figure, Measurements Techniques, Methods to Reduce $1/F$ Noise in Amplifiers.

ה' 2 (2 נקודות)	ל. קורנבלום	פיזיקה והתקנים של תחמוצות	048812
--------------------	--------------------	----------------------------------	---------------

שם עברי מקוצר: פיזיקה והתקנים של תחמוצות

דרישות קדם:

אין קדם רשמי.

הסטודנט צריך לבוא עם רקע של בוגר הקורס 044125 יסודות התקני מוליכים למחצה מ. קורסי מבוא אחרים במל"מ יכולים להתאים (כגון 315030).

סילבוס בעברית

הקורס סוקר יישומים עכשוויים של תחמוצות במיקרואלקטרוניקה, בדגש על חומרים בעלי מקדם דיאלקטרי גבוה בטרנזיסטורים. משם הקורס ממשיך לתיאור הפיזיקה והיישומים של תחמוצות פונקציונליות בעלות קורלציה אלקטרונית. הקורס משלב היבטים של הפיזיקה מאחורי התכונות האלקטרוניות המיוחדות של התחמוצות עם היבטים פרקטיים של גידול השכבות, ודוגמאות להתקנים אלקטרוניים.

פרקי הלימוד

1. תחמוצות כמבודדים במיקרואלקטרוניקה: תחמוצת סיליקון במיקרואלקטרוניקה
2. תחמוצות כמבודדים במיקרואלקטרוניקה: דיאלקטרים בעלי $high-k$, מוטבציה, פיזיקה וטכנולוגיה, שליטה על פונקציה העבודה בהתקנים מודרניים.
3. מבוא לשיטת ALD לשיקוע שכבות דקות
4. פיזיקה ותכונות של תחמוצות פרובסקיטיות בעלות קורלציה אלקטרונית
 - תיאור, מבנה גבישי, מבנה אלקטרוני בסיסי
 - פיזיקה של מבודדי Mott, מעברי מתכת-מבודד, דוגמאות
 - קונפיגורציות אלקטרוניות, סיווג תחמוצות ומצבי ספין
 - דוגמה מסכמת - משפחת המנגניטס: עיוות Jahn-Teller, מבוא קצר לפאזות מגנטיות, תופעות CMR, Double Exchange והקשר ביניהן.
5. שכבות דקות של תחמוצות בעלות קורלציה אלקטרונית
 - גז אלקטרוניים דו-ממדי (2DEG) בתחמוצות: תיאור התכונות, שלושת המודלים הפיזיקליים, התקנים מבוססי גז אלקטרוניים דו-ממדי
 - שימוש בשכבות דקות להנדסת התכונות של תחמוצות באמצעות מעוותים אפיטקסיאליים. פיזיקה ודוגמאות.
 - Field effect בשכבות דקות
6. סקירה של השיטות העיקריות לגידול אפיטקסיאלי של תחמוצות. פיזיקה וטכנולוגיה.
7. גידול אפיטקסיאלי של תחמוצות על מוליכים למחצה: אתגרים, פתרונות, ודוגמאות ליישומים.

מקורות

- Chapter 1: E.H. Nicollian, J.R. Brews, "MOS (Metal Oxide Semiconductor) Physics and Technology", Wiley (1982). Chapter 13
- Chapter 2: J. Robertson, R. M. Wallace, Mater. Sci. Eng. R Reports **88**, 1 (2015).
- Chapter 3: R. L. Puurunen, J. Appl. Phys. **97**, 121301 (2005)
- Chapter 4:

M. Imada, A. Fujimori, and Y. Tokura, Rev. Mod. Phys. **70**, 1039 (1998)

J.M.D. Coey, "Magnetism and Magnetic Materials", Cambridge University Press (2010)

A.M. Haghiri-Gosnet and J.-P. Renard, J. Phys. D. Appl. Phys. **36**, R127 (2003)

- Chapter 5:
Y.Y. Pai, A. Tylan-Tyler, P. Irvin, and J. Levy, Reports Prog. Phys. **81**, 36503 (2018)
S. Catalano, M. Gibert, V. Bisogni, O.E. Peil, F. He, R. Sutarto, M. Viret, P. Zubko, R. Scherwitzl, A. Georges, G.A. Sawatzky, T. Schmitt, and J.-M. Triscone, APL Mater. **2**, 116110 (2014)
Y. Zhou, S. Ramanathan, "Correlated Electron Materials and Field Effect Transistors for Logic: A Review", Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences **38**, 286 (2013)
- Chapter 6:
L.W. Martin, Y.-H. Chu, R. Ramesh, "Advances in the growth and characterization of magnetic, ferroelectric, and multiferroic oxide thin films", Mat. Sci. & Eng. R **68**, 89 (2010)
- Chapter 7:
A.A. Demkov, A.B. Posadas, "Integration of Functional Oxides with Semiconductors", Springer, New York City, NY, (2014)

תוצאות למידה:

עם השלמת הקורס

1. לסטודנט תהיה היכרות רחבה עם תחמוצות כחומרים אלקטרוניים, ויישומיהן בהתקנים נוכחיים עתידיים
2. הסטודנט יהיה מסוגל להסביר את הקשר בין תכונות החומר (מבנה אטומי, הרכב) למבנה האלקטרוני במספר דוגמאות מייצגות, וידע לנתח את הפיזיקה שמאחוריהן.
3. לסטודנט תהיה יכולת להסביר את השימושיות של תחמוצות בהתקנים עתידיים.

הרכב הציון:

מבחן בע"פ (80%) ושני תרגילי בית (20%).

שם הקורס באנגלית

Oxide Physics and Devices

English syllabus:

The course presents current applications of oxides in microelectronics, focusing on high-k dielectrics in CMOS technology. The course then address the physics and applications of functional oxides. The course interweaves aspects of the physics underlying the unique electronic properties of the oxides with practical aspects of oxide growth and examples of integration in electronic devices.

Topics

1. Oxides as insulators in: silicon oxide in microelectronics
2. Oxides as insulators: high-k dielectrics, motivation, physics and technology. Workfunction engineering in modern devices.
3. Introduction to atomic layer deposition (ALD)

4. Physics and properties of correlated electron perovskite oxides
 - Introduction, crystal structure, basic electronic structure
 - Physics of Mott insulators, metal-insulator transitions, examples
 - Electronic configuration, classifying oxides and spin states
 - Concluding example: manganites. Jahn-Teller distortion, introduction to magnetic phases, the relation between double exchange and colossal magnetoresistance (CMR).
5. Thin films of correlated electron oxides
 - Oxide 2D electron gas (2DEG): properties, three physical models, 2DEG devices
 - Using epitaxial strain for engineering the properties of oxides. Physics and examples.
 - Field effect
6. Review of the key methods of oxide epitaxy. Physics and technology.
7. Oxide epitaxy on semiconductors: challenges, solutions and examples of application

Learning Outcomes:

At the end of the course:

1. The student will have a broad perspective on oxides as electronic materials and their applications in current and future electronic devices.
2. The student will be able to identify the relations between the material properties (atomic structure, composition) with the electronic structure in several case studies, and explain their underlying physics.
3. The student will be able to explain the prospects and usefulness of functional oxides in future electronic devices.

2 ה' (2 נקודות)	<u>אלקטרו דינמיקה טכנית מתקדמת 1</u>	048813
--------------------	---	---------------

לא יינתן השנה.

יבחרו נושאים מתוך הרשימה המצורפת בתאום עם הסטודנטים. כ-20 אחוז מן הזמן יוקדשו לפגישות סמינריוניות והשאר - להרצאות. הנושאים יקבעו מדי סמסטר לפי נטית השומעים ולפיכך הרשימה היא טנטטיבית בלבד. אלקטרו דינמיקה של גופים בתנועה. הקרינה הקלסית של המטען המואץ. גלים אלקטרו מגנטיים: על-פוטנציאלים, התפשטות גלי הלם בנוכחות חמר פרומגנטי, התפשטות גלי הלם בנוכחות חמר על-מוליך, התקני תמסרת על-מוליכים, דיאלקטריים וסיביים. יסודות הסכוך.

Will not be given the year

Electrodynamics of Moving Media. the Momentum-Energy Tensor. Electromagnetic Waves: Super-Potentials, Transient Wave Propagation in the Presence of Ferromagnetic Materials: Transient Wave Propagation in the Presence of Superconducting Materials. Superconducting Lines, Dielectric Lines and Fibers, Screening Problems.

2 ה' (2 נקודות)	<u>נושאים מתקדמים בתורת הגלים 2</u>	048815
--------------------	--	---------------

לא יינתן השנה.

קורס סמינריוני שיעסוק בנושאים מתקדמים, תאורטיים ויישומיים הכרוכים בשידור, קליטה, התפשטות ופיזור גלים. יודגשו נושאים בתחום המחקר של המרצה. אופטיקה של שכבות דקות ומעגלים אופטיים משולבים. הערה: רשימת הנושאים הספציפית לסמסטר תוגדר בהרצאה הראשונה.

Will not be given the year

This Is a Seminar-Like Course Dealing with Advanced Topics, Theoretical and Applied, Which Are Pertinent to the Generation, Reception Propagation and Scattering of Waves. Research Topics of the Instructor Will Be Emphasized.

מ'4 (2 נקודות)	<u>מורי השטח</u>	<u>מעבדה לעיבוד אותות</u>	048816
-------------------	-------------------------	----------------------------------	---------------

מקצועות קדם:

046745 – עיבוד ספרתי של אותות או,
048860 – עיבוד תמונות.

המעבדה מיועדת לסטודנטים המבקשים לבצע פרויקטים בתחום של עבוד אותות לאחר למוד מקצוע הקדם ומקצועות אחרים (בלמודי הסמכה/מוסמכים), אשר יקבעו על פי הנושאים שיוצעו. הפרוייקטים יהיו הן בתחום של חמרה (Hardware) מיוחדת לעבוד אותות (מימוש ספרתי, אנלוגי או היברדי) והן בתחום של חקר אלגוריתמים ותכנה לעיבוד אותות באמצעות מערכות המחשבים שבמעבדה. המעבדה מהווה בדרך כלל שלב ראשון בגיבוש נושא מחקר בתחום.

ה' 2 (2 נקודות)	<u>אלקטרונימיקה טכנית מתקדמת 2</u>	048819
--------------------	---	---------------

לא יינתן השנה.

אופי הקורס בחלקו סמינריוני. יקבעו מדי פעם נושאים לפי התענינות הסטודנט. התפשטות גלים בתווך נע, התפשטות גלים מישוריים בתווך הומוגני אנאיזוטרופי גלים מישוריים בתווך שכבתי-בלתי הומוגני, התפשטות גלים בתוך פלסמה.

Will not be given the year

Wave Propagation in Moving Media, Plane Waves in Anisotropic Media: Plane Waves in Stratified Media, Transients: Propagation and Diffraction of Transient Fields.

ה' 2 (2 נקודות)	<u>שיטות אנליטיות בתורת הגלים 1</u>	048823
--------------------	--	---------------

לא יינתן השנה

הצגה מודלית של פתרונות שדה ומקורותיו. הנחיה וקרינה במבנים שכבתיים. גלי שטח וגלים זליגים. תאור בתחומי התדר והזמן. תאור שיטת cagniard de-hoop. הצגות אלטרנטיביות ופונקציות גרין אופיניות. אינטגרציה במישור הקומפלקסי: טכניקות אסימפטוטיות, אינטגרציה נקודת אוכף. תרומות סינגולריות ופירושן הגיאומטרי. התורה הגיאומטרית לדיפרקציה, (gtd) דיפרקציה קצה, דיפרקציה נקודה, גלים זוחלים, גלים לטרליים, הנחייה וקרינה במבנים מחזוריים ומשפט floquet. דוגמאות תלקחנה מתחומי יישום שונים כגון: תורת האנטנות, תורת הפיזור, מכ"ם, סונר, אופטיקה וגיאופיסיקה הערה: התחום בין 048823 ו-048824 עשוי להיות שונה מהמתואר.

Will not be given the year

Model Representations. Guided Waves and the Transmission Line Analogy in Open and Closed Structures. the Dispersion Relation. Green'S Functions and Their Classification. Guidance and Radiation Properties of Stratified Structures. Alternative Representations and Characteristic Green'S Functions. Integration in the Complex Plane: Asymptotic Techniques, Singular Contributions and Their Geometrical Interpretation. the Geometrical Theory of Diffraction (Gtd): Edge and Vertex Diffraction, Creeping Waves.

ה' 2 (2 נקודות)	<u>שערוך וזיהוי במערכות דינמיות</u>	048825
--------------------	--	---------------

לא יינתן השנה

מושגי יסוד בשערוך סטטיסטי. ייצוג מערכות סטוכסטיות. מסנן וינר. שערוך המצב במערכות לינאריות: מסנן קלמן, משוואת ריקטי, תכונות במצב מתמיד, החלקה וחיזוי. מסנן קלמן מוכלל למערכות לא לינאריות. מסנני חלקיקים, שימוש במודלים מרובים. מבוא לזהוי מערכות. מודלים מרקוביים דיסקרטיים. (hidden markov models) אלגוריתם em לשערוך משותף של מצב ופרמטרים. שימושים בתחומי ניווט, עקיבה, עיבוד אותות, זיהוי דיבור, ראייה ממוחשבת ורשתות ניירונים.

Will not be given the year

Basic Concepts in Statistical Estimation. Stochastic Systems Models. the Wiener Filter. State Estimation in Linear Systems: Kalman Filtering. Smoothing and Prediction. the Extended Kalman Filter for Non-Linear Systems. Particle Filters. Multiple Model Estimation. Introduction to Systems Identification. Hidden Markov Models. the Em Algorithm. Applications to Navigation, Tracking, Signal Processing, Speech Identification, Computer Vision and Neural Networks.

048828	<u>עיבוד וניתוח אותות מרחביים</u>	<u>י. כהן</u>	2 ה'
			(2 נקודות)

שם עברי מקוצר: עיבוד מרחבי

דרישות קדם:

044198 מבוא לעיבוד ספרתי של אותות

044202 אותות אקראיים

סילבוס בעברית

עיבוד מרחבי של אותות במערכי גלאים בתחום הזמן ובתחום התדר, תת-מרחבים של האות ושל הרעש, מעצבי אלומה אופטימליים, מדדי טיב של מערכים, קיפולים מרחביים, כיווניות מרחבית, LCMV, MVDR, GSC, שערוך כיוון ההגעה ושערוך הפרש זמני הגעה, עיצוב אלומה מסתגל, עיצוב אלומה דיפרנציאלי, תכן של תבנית האלומה.

מקורות:

1. J. Benesty, I. Cohen and J. Chen, *Fundamentals of Signal Enhancement and Array Signal Processing*, Wiley-IEEE Press, Singapore, 2018.
2. H. L. Van Trees, *Optimum Array Processing: Part IV of Detection, Estimation, and Modulation Theory*, John Wiley & Sons, Inc., 2002.

3. מאמרים מהספרות המקצועית השוטפת

תוצאות למידה:

בסיום הקורס הסטודנט יהיה מסוגל:

1. ליישם אלגוריתמים לעיבוד מרחבי של אותות בתחום הזמן ובתחום התדר.
2. לתכנן וליישם מעצב אלומה אופטימאלי לסינון מרחבי במערכי גלאים.

הרכב הציון:

30% הרצאה סמינריונית

70% פרויקט סיום

שם הקורס באנגלית: Array Signal Processing and Analysis

English syllabus: עד 50 מילים, ניתן להוסיף בנוסף נושאי לימוד

Array signal processing in the time and frequency domains, subspace methods, beamforming, performance measures, spatial aliasing, delay-and-sum, superdirective, null steering, Minimum Variance Distortionless Response (MVDR), Linearly Constrained Minimum Variance

(LCMV), Generalized Sidelobe Cancellers (GSC), direction-of-arrival estimation, adaptive beamforming, differential beamforming, beampattern design.

Learning Outcomes:

Students who will successfully complete the course will be able to:

1. Implement algorithms for array signal enhancement in the time and frequency domains.
2. Design and apply optimum beamformers for spatial filtering in sensor arrays.

ה'2, (2 נקודות)	<u>נושאים מתקדמים בעבוד אותות 1</u>	048831
--------------------	--	---------------

לא יינתן השנה

קורס מתקדם בתחום עיבוד אותות העוסק בנושאי מחקר מתחום עיסוקו של המרצה.

Will not be given the year

An Advanced Course in Signal Processing Which Deals with Research Topics in the Over of Interest of the Instructor.

ה'2 (2 נקודות)	<u>יסודות הבקרה הלינארית</u>	048833
-------------------	-------------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

מערכות לינאריות דינמיות: קונטרולביליות, אוברווביליות, צורות קאנוניות, משוב מצב, מיקום קטבים, בקר המבוסס על משחזר מצב, תורת המימוש. יציבות פנימית פרוק דו-ראשוני. טרנספורמציה לינארית שיברית, פרמטריזציה של בקרים מייצבים. בקרה אופטימלית 2, ltr, lqg, lqr: h ממקדמי בטחון ליציבות, תורת ההפרדה. מבוא לעמידות ביציבות ונורמות h

Will not be given the year

Linear Dynamical Systems: Controllability and Observability, Canonical Forms, State Feedback, Pole Placement, Observers and Observer Based Controllers, Realization Theory. Well Posedness, Internal Stability, Coprime Factorization, Linear Fractional Transformation, Parameterization of Stabilizing Controllers. H2 Optimal Control: Lqr, Lqg, Ltr, Stability Margin, Separation Theory. Introduction to Stability Robustness and Hoo Norms.

מ'4, (2 נקודות)	<u>ע. כהן</u>	<u>מעבדה במעגלים מהירים</u>	048836
--------------------	----------------------	------------------------------------	---------------

מעבדת HFIC מתמקדת במחקר במעגלים משולבים עבור יישומים כמו הדמיה תקשורת וחישה. המעבדה מספקת סביבת מחקר לסטודנטים לתארים מתקדמים עבור מערכות תקשורת אלחוטיות וקוויות עתידיות מבוססים על מעגלים משולבים בטכנולוגיית CMOS. תחומי עניין כגון: מעגלי רדיו וגמ"מ, אלגוריתמיים למעגלים מעורבים וארכיטקטורות של מערכות רדיו. המעבדה מצוידת בתחנת בדיקה מודרנית המאפשרת מדידות של שבבים ואפיון מלא עד תדר של 110 גיגה הרץ.

סילבוס באנגלית:

THE HFIC LAB IS FOCUSED ON RESEARCH IN INTEGRATED CIRCUITS FOR VARIOUS APPLICATIONS, AS COMMUNICATION IMAGING AND SENSING. HFIC PROVIDES A RESEARCH ENVIRONMENT FOR GRADUATE STUDENTS FOR FUTURE WIRELESS AND WIRELINE COMMUNICATION SYSTEMS ON HIGHLY-INTEGRATED CMOS IMPLEMENTATIONS INCLUDING AREAS OF INTEREST AS: RF/MM-WAVE CIRCUITS, ALGORITHMIC AND HIGH SPEED MIXED SIGNAL, RADIO SYSTEM ARCHITECTURES. THE LAB IS EQUIPPED WITH A MODERN PROBE STATION

TO ENABLE ON WAFER MEASUREMENTS AND A FULL CHARACTERIZATION UP TO 110 GHZ.

תוצאות למידה: בתום קורס מעבדת HFIC הסטודנט יכיר את סביבת המחקר עבור מערכות תקשורת אלחוטיות וקוויות עתידיות. הסטודנט יכיר תחומי עניין: מעגלי רדיו וגמ"מ, אלגוריתמיים למעגלים מעורבים וארכיטקטורות של מערכות רדיו.

Learning Outcomes: By the end of the HFIC Lab the student will be familiar with the research environment of integrated circuits for various applications, as communication imaging and sensing. The student will learn various areas of interest such as: RF/mm-Wave circuits, Algorithmic and high speed mixed signal, radio system architectures.

ה' 2 (2 נקודות)	הנדסת חשמל רלטיביסטית	048840
--------------------	------------------------------	---------------

לא יינתן השנה.

יסודות: אלקטרודינמיקה ארבע-מימדית. משוואות השדה בריק. משוואות מינקובסקי. התפשטות גלים בתווך נע: ווקטור ההתפשטות ומשטחים נורמליים. מהירות החבורה. שבירה. החזרה מלאה בנוכחות תווך נע. קרינה בתווך נע: פונקצית גרין ברשום דיאדי למרחב נע. קרינה מדיפול נע. האזור הרחוק במרחב נע. אפקט דופלר: קינמטיקה של גלים במרחבים נעים.

Will not be given the year

Basics: Four-Dimensional Electrodynamics. Field Equations in Empty Space. Minkowski'S Equations.

Wave Propagation in Moving Media: the Propagation Vector and Normal Surfaces. Group Velocity. Refraction. Brewster'S Angle for Moving Media. Total Reflection in Moving Media.

Radiation in Moving Media: the Dyadic Green Function for Moving Media. Radiation from Receding Dipoles. the Far-Field in Moving Media.

The Doppler Effect: Wave Kinematics in Moving Media.

ה' 2 (2 נקודות)	ר. מאיר	ניסוי ומיצוי בסוכנים טבעיים ומלאכותיים	048843
--------------------	----------------	---	---------------

מקצועות קדם:

044202 - אותות אקראיים, או קורס מבוא אחר בתהליכים אקראיים.

סוכנים אוטונומיים הפועלים בסביבה מורכבת נדרשים לתפקד תחת תנאים מאתגרים של אי-וודאות, הנובעים ממידע חלקי, רועש ומושהה, מאי-ידיעת מודל העולם, מכשלי מערכת ומצווארי בקבוק בתקשורת. גישה אפשרית לצורך התמודדות עם בעיות אלה משלבת ניסוי (exploration) ומיצוי (exploitation). באופן גס, מיצוי מאופיין ע"י ניצול ידע קודם שנאגר תוך כדי פעילות כדי לקדם מטרה רצויה, בעוד ניסוי מתמקד בחיפוש אופני-פעולה חדשים בעלי פוטנציאל רווח עתידי. האיזון המיטבי בין ניסוי למיצוי תופס מקום בסיסי בתחומי הבקרה האופטימלית ולמידה ע"י חיזוקים מאז שנות הששים המוקדמות, עם חשיבות גדלה והולכת בשנים האחרונות. למרות זאת, מלבד במקרים מוגבלים, קיימת הבנה חלקית על איזון מושכל ושיטתי בין ניסוי ומיצוי. בקורס זה נתאר את האיזון בין ניסוי למיצוי במגוון מערכות לומדות, מתוך ניסיון לחלץ עקרונות פעולה כלליים, ולפתוח פתח לתכנון מושכל של איזון זה בבעיות מאתגרות בלמידת מכונה.

תוצאות למידה: הבנת האיזון הנדרש בין ניסוי למיצוי במערכות לומדות, שליטה בתאוריה הבסיסית במערכות לומדות פשוטות, יכולת לתכנן איזון מושכל בין ניסוי למיצוי במערכות מורכבות יותר, קריאת הספרות השוטפת.

מקורות:

1. Reinforcement Learning, Sutton & Barto, MIT Press 2018.
2. Bandit algorithms, Lattimore & Szepesvári, Cambridge University Press 2020.
3. Papers from the current literature

Course title: Exploration and Exploitation in learning systems

Prerequisites: 044202 -Random Signals or similar basic course on random processes.

Autonomous agents operating in a complex environment are required to function under challenging conditions of uncertainty, resulting from partial, noisy, and delayed information, from lack of a world model, and system malfunction and from communication bottlenecks. A possible approach to these difficulties combines exploration and exploitation. Roughly, exploitation involves utilizing prior knowledge, collected through activity aimed at achieving required goals, while exploration focuses on searching for modes of operation with potential future gains. The optimal balance between exploration and exploitation occupies a basic place in the areas of optimal control and reinforcement learning since the early 1960s, with increasing importance in recent years. In spite of this, except for restricted cases, there is limited understanding of how to balance the two. In this course we will characterize this balance in different learning systems, aiming at the extraction of general principles, opening the door to the development of effective exploration-exploitation schemes in challenging problems in machine learning.

Learning outcomes: Understanding the balance between exploration and exploitation in learning stems; understanding the basic theory for simple systems; designing effective an exploration-exploitation balance in more complex systems; reading the current literature.

Sources:

1. Reinforcement Learning, Sutton & Barto, MIT Press 2018.
2. Bandit algorithms, Lattimore & Szepesvári, Cambridge University Press 2020.
3. Papers from the current literature

2 ה' (2 נקודות)	נושאים ברשתות תקשורת בין מחשבים 1	048846
-----------------	--	---------------

לא יינתן השנה

קורס מתקדם בו יידונו נושאי מחקר שוטפים בנושאי תקשורת בין מחשבים. הקורס ימש גם כבסיס למשתלמים המעוניינים לבצע עבודת מגיסטר או דוקטור. סמסט א' תשע"ח: היבטים מערכתיים ברשתות תקשורת. סמסטר ב' תשע"ט: למידה חישובית ברשתות מחשבים. סמסטר ב' תש"ף: למידה חישובית ברשתות מחשבים.

Will not be given the year

Advanced Course in Which Current Topics in Computer Communication Networks Will Be Discussed. the Course Will Also Serve as a Basis for Student Interested in Carrying Out Thesis Research in the Field. Winter Semester 2017/2018: System Aspects of Communication Networks.

2 נקודות) ע.קמינר	נושאים מתקדמים באלקטרו-אופטיקה 1	048848
-------------------	---	---------------

נושא הקורס בתשפ"ג:

Advanced topics in quantum optics for manipulation of quantum information

נושאים מתקדמים באופטיקה קוונטית לעיבוד מידע קוונטי

נושא מקוצר :

Advanced Topics in Quantum Optics

נושאים מתקדמים באופטיקה קוונטית

מקצועות קדם :

(115203 פיסיקה קוונטית 1) א (124408 תורת הקוונטים ויישומיה בכימיה) א (046241 מכניקה קוונטית)

* במקרים מיוחדים תאושר הרשמה עם (046243 טכנולוגיות קוונטיות)

וגם

(044140 שדות אלקטרומגנטיים) א (114246 אלקטרומגנטיות ואלקטרודינמיקה)

הרכב הציון :

קביעת הציון עפ"י פרויקט והצגה של עבודה

סילבוס :

The course will focus on topics of quantum optics that are of relevance to quantum information processing. Specifically, the goal of the course is to reach a deep understanding of the principles behind current implementations of photonic quantum computers and platforms for quantum-optics on chip.

There are several approaches for photonic quantum computation. We will learn their foundations and compare between them. Specifically, we will begin with measurement-based quantum computation, the KLM protocol and its improvements using quantum teleportation. A different approach is based on nonlinear optics for implementing 2-qubit gates. A third approach is using post-selection to create specialized quantum light states that are fault-tolerant (using bosonic codes). We will specifically review approaches that utilize integrated on-chip quantum optics in photonic cavities.

Specific focus will be given to the experimental implementations of sources of quantum light, including squeezed light sources, and older research of squeezed solitons and other areas on the boundaries between traditional nonlinear optics and quantum optics.

We will also review the state-of-the-art in measurements of quantum states of light: from photon-number resolved single-photon detectors to methods of homodyne detection (for both the optical range and microwave range).

In addition, we will study the concepts behind continuous variables quantum information, Gottesman-Kitaev-Preskill (GKP) states, and cluster states, as well as sources of possible errors, and photonic error correction codes.

Given enough time, we will review recent discoveries in the field, and specifically boson-sampling algorithm implementations, and advances in active components in silicon photonics. The course will follow some of the recent papers in the field, including Xanadu's approach for quantum computing, PsiQuantum recent publications on fusion-based quantum computation, and other ideas connecting to surface codes.

הקורס יתמקד בנושאים של אופטיקה קוונטית שהם רלוונטיים לעיבוד מידע קוונטי. באופן ספציפי, מטרת הקורס היא להגיע להבנה עמוקה של העקרונות מאחורי יישומים נוכחיים של מחשבים קוונטיים פוטוניים ופלטפורמות לאופטיקה קוונטית על שבב.

קיימות מספר גישות לחישוב קוונטי פוטוני. נלמד את יסודותיהם ונשווה ביניהם. באופן ספציפי, נתחיל עם חישוב קוונטי מבוסס מדידה, פרוטוקול KLM והשיפורים שלו באמצעות טלפורטציה קוונטית. נלמד גישה שונה מבוססת על אופטיקה לא ליניארית להטמעת שערים של 2 קיוביטים. גישה שלישית היא שימוש בpost-selection כדי ליצור מצבי אור קוונטי מיוחדים שהם fault-tolerant (באמצעות קודים בוזוניים). נסקור באופן ספציפי גישות המשתמשות באופטיקה קוונטית משולבת על-שבב במהודים פוטוניים.

התמקדות ספציפית תינתן ליישומים ניסיוניים של מקורות אור קוונטי, כולל מקורות אור squeezed, ומחקר ישן יותר של סוליטון squeezing ואזורים אחרים על התפר בין אופטיקה לא לינארית מסורתית ואופטיקה קוונטית. כמו כן, נסקור את הטכנולוגיה בחזית המחקר במדידות של מצבי אור קוונטיים: מגלאי פוטון בודד ועד לשיטות של זיהוי הומודיין (גם לטווח האופטי וגם לטווח המיקרוגל).

בנוסף, נלמד את המושגים מאחורי תחום "המשתנים הרציפים" (continuous variables), מצבי גוטסמן-קיטאיב-פרסקיל (GKP) ומצבי cluster, כמו גם מקורות לשיטות אפשריות וקודי תיקון שגיאות פוטוניים.

בהינתן מספיק זמן, נסקור את התגליות האחרונות בתחום, ובמיוחד יישומי אלגוריתם דגימת בוזונים, והתקדמות ברכיבים פעילים בפוטוניקת סיליקון. הקורס יעקוב אחר חלק מהמאמרים האחרונים בתחום, כולל הגישה של Xanadu למחשוב קוונטי, פרסומים עדכניים של PsiQuantum על חישוב קוונטי מבוסס היתוך (fusion) ורעיונות נוספים המתחברים לקודי שטח (surface codes).

תוצאות למידה:

1. The student will learn and practice principles of quantum optics that are relevant for the manipulation of quantum information. Special focus will be given to the creation of various quantum states of light that can encode quantum information, and to the measurement methods currently used in the field.
2. The student will develop tools to design protocols and specific implementations of information processing using photons. The pros and cons relative to other implementations will be analyzed.

1. התלמיד ילמד ויתרגל עקרונות של אופטיקה קוונטית הרלוונטיים למניפולציה של מידע קוונטי. התמקדות מיוחדת תינתן ליצירת מצבי אור קוונטיים שונים שיכולים לקודד מידע קוונטי, ולשיטות המדידה הנהוגות כיום בשטח.
2. הסטודנט יפתח כלים לתכנון פרוטוקולים ומימושים ספציפיים של עיבוד מידע באמצעות פוטונים. היתרונות והחסרונות ביחס ליישומים אחרים ינתחו גם.

מקורות:

- Rudolph, T., 2017. Why I am optimistic about the silicon-photonics route to quantum computing. APL Photonics, 2(3), p.030901.
- Knill, E., Laflamme, R. and Milburn, G.J., 2001. A scheme for efficient quantum computation with linear optics. nature, 409(6816), pp.46-52.
- Zhong, H.S., Wang, H., Deng, Y.H., Chen, M.C., Peng, L.C., Luo, Y.H., Qin, J., Wu, D., Ding, X., Hu, Y. and Hu, P., 2020. Quantum computational advantage using photons. Science, 370(6523), pp.1460-1463.
- Killoran, N., Izaac, J., Quesada, N., Bergholm, V., Amy, M. and Weedbrook, C., 2019. Strawberry fields: A software platform for photonic quantum computing. Quantum, 3, p.129.
- Arrazola, J.M., Bergholm, V., Brádler, K., Bromley, T.R., Collins, M.J., Dhand, I., Fumagalli, A., Gerrits, T., Goussev, A., Helt, L.G. and Hundal, J., 2021. Quantum circuits with many photons on a programmable nanophotonic chip. Nature, 591(7848), pp.54-60.
- Online document by Rishabh Sahu, Linear Optical Quantum Computing (1997).
- Zhang, Y., Menotti, M., Tan, K., Vaidya, V.D., Mahler, D.H., Helt, L.G., Zatti, L., Liscidini, M., Morrison, B. and Vernon, Z., 2021. Squeezed light from a nanophotonic molecule. Nature communications, 12(1), pp.1-6.
- Vaidya, V.D., Morrison, B., Helt, L.G., Shahrokshahi, R., Mahler, D.H., Collins, M.J., Tan, K., Lavoie, J., Repington, A., Menotti, M. and Quesada, N., 2020. Broadband quadrature-squeezed vacuum and nonclassical photon number correlations from a nanophotonic device. Science advances, 6(39), p.eaba9186.
- Weedbrook, C., Pirandola, S., García-Patrón, R., Cerf, N.J., Ralph, T.C., Shapiro, J.H. and Lloyd, S., 2012. Gaussian quantum information. Reviews of Modern Physics, 84(2), p.621.

048852	<u>מעבדה בהמרת אנרגיה</u>	<u>י. לברון</u>	מ'4, (2 נקודות)
--------	---------------------------	-----------------	--------------------

חקר פעולת מקורות אנרגיה חדשים. בדיקת שדות מגנטיים וכוחות משיכה ודחיה הנוצרים על ידי מגנטים תמידיים. חקר ומפוי שדות מגנטיים. מדידות מיקרופרוססוריות במערכות הספק. הגנות מיקרופרוססוריות. בקרים ובקרה על תהליכים. בקרת מנועי זרם ישר וזרם חלופין באמצעות מישרים מווסתים. דמוי ספרתי של מערכות אלקטרומכניות.

048860	<u>עיבוד תמונות</u>	<u>מ. פורת</u>	ה' 2 (2 נקודות)
--------	---------------------	----------------	--------------------

מקצוע קדם:

046200 - עיבוד וניתוח תמונות.

קורס רקע מומלץ:

046332 - מערכות ראייה ושמיעה.

מקצוע דומה:

236860 - עיבוד תמונות דיגיטלי

נושאי הלימוד:

1. מבוא, תכונות מערכת הראייה.
2. איפיון תמונות ואותות דו-מימדיים: יצוג, דגימה, כימוי.
3. התמרות (Karhunen-Loeve, DCT, DFT) ושימושיהן.
4. שיפור תמונות: טיפול בהיסטוגרמות, החלקה וחיזור.
5. שיטות שיחזור וסינון לתיקון אפקטים של חוסר מיקוד ותנועה (Motion Blur).
6. קידוד ודחיסת תמונות.
7. מבוא לאנליזה של תמונות וראייה ממוחשבת.

מקורות:

1. Jain A.K.: "Fundamental of Digital Image Processing" Englewood Cliffs, 1989. rec. 2065704.
2. Rosenfeld, A. and Kak, A.C.: "Digital Picture Processing". Academic .Press, 1976. rec. 2011772, 2nd ed. (1982). rec. 211293.
3. Pratt, W.K.: "Digital Image Processing". 2nd. ed. Wiley, 1991. rec. 217922.
4. Gonzalez, R.C. and Wintz, P.: "Digital Picture Processing". Addison-Wesley. 1977. rec. 217923, 2nd.ed. 1987. rec. 2032777.

048864	<u>נושאים מתקדמים בהנדסת מחשבים</u>	ה' 2 (2 נקודות)
--------	-------------------------------------	--------------------

לא יינתן השנה

קורס הדרן בנושאים מתקדמים במבנה, תכנון ואנליזה של מערכות מחשבים. הקורס ישמש גם כבסיס למשתמשים המעוניינים לבצע עבודת מגיסטר או דוקטור. סמסטר ב' תש"ף: ארכיטקטורות ותכנון מאיצי רשתות נוירונים עמוקות.

Will not be given the year

Course Addressing Advanced Topics in Architecture, Design and Analysis of Computer Systems. the Course Will Also Serve as a Basis for Student Interested in Carrying Out Thesis Research in the Field.

לא יינתן השנה

קורס מתקדם בתחום עיבוד אותות העוסק בנושאי מחקר מתחום עיסוקו של המרצה.

Will not be given the year

2 ה' (2 נקודות)	<u>א. רוטנשטריין</u>	<u>נושאים מתקדמים ברשתות בין מחשבים</u>	048866 236819
-----------------	----------------------	---	------------------

נושא הקורס בתשפ"ב: אתגרים אלגוריתמים ברשתות מחשבים ובלוקצ'יין

שם עברי מקוצר: אלגוריתמים ברשתות מחשבים ובלוקצ'יין

רקע: הקורס דן בבעיות מרכזיות ברשתות מחשבים ובלוקצ'יין בדגש על אלגוריתמים וכלים מתורת הגרפים.

דרישות קדם:

מבוא למבני נתונים ואלגוריתמים (044268) או מבני נתונים 1 (234218) מומלץ
(לא (לא חובה): רשתות מחשבים ואינטרנט 1 (044334) או מבוא לרשתות מחשבים (236334)

סילבוס בעברית

תכנון וניתוח אלגוריתמים לרשתות מחשבים. נדון בבעיות כמו: סיווג חבילות, ניתוב, שרידות, טופולוגיות רשת, בקרה ואיזון עמוסים, עדכונים עקביים, הדמיה והשמת פונקציות, שיתוף משאבים, מבני נתונים ושיטות קידוד, שימוש בלמידה לרשתות מחשבים. עקרונות רשתות בלוקצ'יין, הוגנות, שבירות וערוצים משניים. נתמקד בכלים מתורת הגרפים כגון: זרימה וניתוב, צביעה, קיבוץ ותכנון טופולוגיות. הקורס יועבר במתכונת משולבת של הרצאות וברובו כסמינר. סטודנטים יתבקשו להגיש פרויקטון גמר.

מקורות:

מאמרים מהספרות העדכנית

Varghese, George. Network Algorithmics. Elsevier, 2005.

Narayanan, Arvind

et al. Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction, 2016.

תוצאות למידה:

עם השלמת הסמינר בהצלחה, לסטודנט תהיה הכרות עם מגוון בעיות מרכזיות בתחום הרשתות המחשבים והבלוקצ'יין וכן כלים לתכנון אלגוריתמים להתמודדות איתן. הסטודנט יהיה מסוגל לנתח ולהבין את היתרונות והחסרונות של גישה מסוימת. הסטודנט יחשף בקורס לאבני בנין שיכולות לשמש בעתיד למענה לאתגרים חדשים.

הרכב הציון:

נוכחות והשתתפות 20%, מצגת 40%, פרויקטון 40%, ללא בחינה סופית

שם הקורס באנגלית

Algorithmic Challenges in Computer Networks and Blockchain

English Syllabus:

Design and analysis of algorithms for computer networks and blockchain. Topics: Packet classification, Routing, Survivability, Topologies, Congestion control and load balancing, Consistent updates, Virtualization and function assignment, Resource sharing, Data structures and coding methods, ML applications in computer networks. Fundamentals of blockchain networks. Fairness, Sharding and Off-chain channels. Focus on graph theory tools: Flow, routing, coloring, clustering and topology design.

Learning Outcomes:

Following the seminar, a student will be familiar with various major challenges in the area of computer networks and blockchain and will have tools for dealing with such challenges. The student will be able to analyze and understand the pros and cons of a particular approach. The student will be exposed to tools that can help in the future with new challenges in the field.

לא יינתן השנה

קורס מתקדם באלקטרואופטיקה העוסק בנושאי מחקר מתחום מחקרו של המרצה.

Will not be given the year

Advanced Course in Electro-Optics. the Topics Will Be Chosen According to the Interest of the Instructor.

לא יינתן השנה

044870 דרישות קדם: אישור המנחה ומרכז המקצוע. במסגרת המקצוע יפותחו נושאים מתקדמים בכל אחד מהשטחים המתפתחים והחדשניים של הפקולטה בהנחיתו האישית של חבר סגל. סטודנט במסלול מחקרי יוכל ללמוד את הקורס לכל היותר פעם אחת. סטודנט במסלול ללא תזה יוכל לקחת את הקורס יותר מפעם אחת ובלבד שיהיה מדובר בחברי סגל שונים.

044871 פיתוח נושאים בהנדסת חשמל" 1, 2. במסגרת המקצוע יפותחו נושאים מתקדמים בכל אחד מהשטחים המתפתחים והחדשניים של הפקולטה בהנחיתו האישית של חבר סגל. סטודנט במסלול מחקרי יוכל ללמוד את הקורס לכל היותר פעם אחת. סטודנט במסלול ללא תזה יוכל לקחת את הקורס יותר פעם אחת ובלבד שיהיה מדובר בחברי סגל שונים.

Will not be given the year

In This Course, Advanced Topics in Novel Areas in the the Department Will Be Developed Under the Individual Supervision of a Staff Member. the Course Is Intended for Students Who Are in the Initial Phases of Searching for a Research Subject and Do Not Yet Have a Research Thesis Supervisor. the Course Can Be Taken for One Semester Only in Each of the M.Sc. and D.Sc Study Programs.

לא יינתן השנה.

הקורס ידון בנושאים הבאים: א. תאור יחסים בין אזורים ומבנה סימבולי של תמונה. ב. חלוקת התמונה בשיטות המבוססות על מציאת שפות וגידול אזורים. ג. תאור שפות ואזורים. ד. חישוב מאפייני ששל אזורים: מאפיינים גאומטריים, מאפייני בהירות, מאפייני מרקם. ה. סיווג והכרת צורות. ו. מיצוי מידע תלת-מימדי מתמונות ע"י שמוש בשקולים גיאומטריים פוטומטריים ואחרים

Will not be given the year

1. Introduction to Image Analysis and Computer Vision.
2. Segmentation and Edge Detection, Region Description and Shape Analysis. Texture.
3. Extraction of 3-D Information from Images by Geometric and Photometric Methods.

**לא יינתן
השנה**

מערכות
מחשבים
מקבילים
ומרובי
מעבדים,
רשתות
קישור
במחשבים,
אלגוריתמים
מקבילים,
חקר
ביצועים של
מערכות -
אנליזה
וסימולציה,
רשתות
תורים.
שפות
למחשבים
מקביליים.
מצוי
מקביליות

Will not be given the year

Parallel and Multiprocessors, Interconnection Networks, Parallel Algorithms,
Performance Evaluation - Analysis, Simulation, Queueing Networks.

2 ה' (2 נקודות)	<u>נושאים ברשתות תקשורת בין מחשבים</u>	048876
	3	

לא יינתן השנה

קורס מתקדם בו יידונו נושאי מחקר שוטפים בנושאי תקשורת בין מחשבים. הקורס ישמש גם כבסיס למשתלמים המעוניינים לבצע עבודת מגיסטר או דוקטור. סמסטר א' תשע"ט: ספירה הסתברותית ברשתות. סמסטר א' תש"ף: ספירה הסתברותית ברשתות.

Will not be given the year

Advanced Course in Which Current Topics in Computer Communication Networks Will Be Discussed. the Course Will Also Serve as a Basis for Student Interested in Carrying Out Thesis Research in the Field.

4 מ' (2 נקודות)	<u>מורי השטח</u>	<u>מעבדה לתכנה וחומרה</u>	048877
--------------------	-------------------------	----------------------------------	---------------

מקצועות קדם:

234218 - מבני נתונים.

046267 - מבנה מחשבים ספרתיים.

236315 - מערכות הפעלה או הסכמת המורה.

המעבדה מיועדת לסטודנטים המבקשים לבצע פרויקטים בתחום של מחשבים לאחר למוד מקצועות הקדם ומקצועות אחרים (בלימודי הסמכה/מוסמכים) אשר יקבעו על פי הנושאים שיוצגו. הפרוייקטים יהיו הן בתחום של מערכות חמרה (Hardware) ו/או מערכות תכנה.

2 ה' (2 נקודות)	<u>VLSI ארכיטקטורות</u>	048878
--------------------	--------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

השפעת טכנולוגיית ה-vlsi על ארכיטקטורה של מחשבים. תכנון בעזרת מחשב של מערכות vlsi. ארכיטקטורות חדשות עבור מעבד יחיד ורב מעבדים, מערכים של מעבדים ושימושיהם, ארכיטקטורות לשימושים מיוחדים, שאלות אמינות ו-yield.

Will not be given the year

The Impact of Vlsi Technology on Computer Architecture, Computer-Aided Design of Vlsi Systems, New Architectures for Single and Multiple Processor Systems, Processor Arrays and Applications, Special-Purpose Architectures, Fault-Tolerance and Yield Issues.

2 ה' (2 נקודות)	<u>ש. קוטינסקי</u>	<u>סמינר בארכיטקטורות VLSI</u>	048879
--------------------	---------------------------	---------------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

דרישות קדם:

046265 - ארכיטקטורות ומעגלים בשילוב ממריסטורים

048864 – נושאים מתקדמים בתכנון מחשבים 2 (תכן מעגלים וארכיטקטורות מבוססי ממריסטור)

נושא הקורס בתשפ"ב: ארכיטקטורות מתקדמות בשילוב עם ממריסטורים.

סילבוס

במסגרת הקורס יוצגו מאמרים הנוגעים לארכיטקטורות VLSI המשלבים טכנולוגיות שונות ובפרט CMOS וממריסטורים. ארכיטקטורות זיכרון ועיבוד והשילוב ביניהן בארכיטקטורות פון נוימן ובמכונות שאינן פון נוימן, רשתות נורוניים ומחשבים אנלוגיים.

מקורות:

מאמרים מהספרות השוטפת.

2 ה' (2 נקודות)	<u>סמינר בארכיטקטורות לחישוב מקבילי</u>	048884
--------------------	--	---------------

לא יינתן השנה

סקירה ביקורתית והשוואתית של פרסומים עדכניים בתחום של ארכיטקטורות לחישוב מקבילי. התמקדות במעבדים מרובי-ליבות על שבב. במסגרת הסמינר יכין כל משתתף שתי הרצאות סמינריוניות של סקירת מאמרים וביקורת עליהם.

תוצאות למידה

בסיום הקורס הסטודנט יהיה מסוגל:

1. לחפש ולמצוא מאמרים רלבנטיים מהספרות השוטפת.
2. לסקור מאמרים באופן ביקורת והשוואתי.
3. לגבש דעה לגבי חדשנות במאמר, שאלות המחקר, שיטות המחקר והתאמתן לשאלות המחקר, דרך הצגת המחקר במאמר, שימוש נכון בגרפים ושרטוטים, בהירות ההצגה, השוואה לעבודות קודמות, וחוסרים במאמר.

Will not be given the year

Survey and Criticism of Recently Published Scientific Papers in the Area of Parallel Computing Architecture, Focusing on Many Cores. Each Student Will Prepare and Present Two Seminar Lectures Describing, Comparing and Criticizing Several Papers. Upon Completion of This Course the Student Will Be Able to:

1. Search and Find Relevant Papers in Current Literature.
2. Study Papers in Critical and Comparative Manners.
3. Form Opinions About Novel Research Questions, Proper Use of Figures and Charts, Clarity, Comparison to Previous Work, and Deficiencies in Papers.

2 ה' (2 נקודות)	<u>נושאים מתקדמים בהנדסת מחשבים</u>	048885
--------------------	--	---------------

לא יינתן השנה

קורס הדין בנושאים מתקדמים בהנדסת מחשבים סמסטר א' תשע"ח: ארכיטקטורות חומרה ותכנה סמסטר א' תש"ף: מושג הזמן ושימושיו ברשתות מחשבים ובמערכות. cmos scaling בעידן ללא מבוזרות. סמסטר ב' תש"ף: אמינות של תוכנה המבוססת על למידה עמוקה.

Will not be given the year

The Course Will Survey the Main Technological Developments in Computer Engineering.

2 ה' (2 נקודות)	סמינר במערכות מחשב	048886
-----------------	---------------------------	---------------

לא יינתן השנה

הקורס יסקור מאמרים נבחרים בתחום הנדסת מערכות מחשב, הן כאלה מחזית המחקר והן כאלה הנחשבים קלאסיים. דגש יושם על התייחסות למחשב כמערכת הכוללת רכיבי חומרה ותוכנה רבים ועל יחסי הגומלין ביניהם. ייקראו, ינתחו ויציגו מאמרים מהכנסים המובילים בתחום כגון
sosp,osdi,pldi,pact,hpca micro,isca

תוצאות למידה

עם השלמת הקורס בהצלחה:

1. הסטודנט יחשף למאמרים בחזית המחקר בתחום.
2. הסטודנט יתנסה מלמידת מאמר מחקרי לעומק והצגתו בפני קהל.
3. הסטודנט יתנסה בקריאה ביקורתית של מאמרים.

Will not be given the year

The Course Will Explore Both Cutting Edge and Classic Research in Computer Systems Design. the Course Will Focus on Both Hardware and Software Components and Their Interplay. the Students Will Read Analyze and Present Research Papers from the Leading Venues in the Outcomes: at the End of the Course the Students:

1. Will Be Exposed to Cutting Edge Research Papers in the Field.
2. the Students Will Experience Studying a Research Paper and Presenting It in Class.
3. the Students Will Experience a Critique Read of Research Papers.

1 ה', 0 ת' (1 נקודות)	מבוא למחקר הפקולטי	048887
-----------------------	---------------------------	---------------

לא יינתן השנה

מטרת הקורס להכיר לסטודנטים השוקלים תואר מחקרי את תחומי המחקר בפקולטה ולעזור להם לבחור תחום מחקר עתידי. במסגרת הקורס יינתנו בכל שבוע שתי הרצאות קצרות ע"י חברי סגל מהפקולטה. ההרצאות יסקרו נושאים בחזית המחקר של חברי הסגל. הקורס מיועד לסטודנטים בשנה הראשונה של התואר השני שטרם הגישו הצעת מחקר, ולסטודנטים מצטיינים בשנה האחרונה של התואר הראשון.
לאחר ההרצאות יתקיים מפגש שאלות ותשובות עם חברי הסגל שהרצו באותו שבוע, לתארים גבוהים בתחום יוזמנו להצטרף למפגש.

תוצאות למידה

הקורס יחשוף את הסטודנטים למגוון תחומי המחקר בפקולטה.

Will not be given the year

The Class Objective Is to Introduce the Departmental Researchelds Fields to Students Who Consider a MSc Degree in the Electricalering Engineering Department, and Help Them Choose Their Own Futureeld. Research Field. Every Week, Two Departmental Faculty Members Willures Give Short Lectures Overviewing the Topics at the Forefront of Their Research Fields. the Lectures Will Be Followed by a Q-a Session with the Lecturers. the Course Is Intended for Students in the First Year of Their MSc, Before Submitting a

Research Proposal, as Well as Excellent Students in the Last Year of Their BSc.
The Class Will Introduce Students to the Variety of Research Topics in the Electrical
Engineering Department.

ה' 2 (2 נקודות)	<u>א. אייל</u>	<u>פרוטוקולי בלוקצ'יין ומטבעות</u> <u>קריפטוגרפיים</u>	048888
--------------------	----------------	---	--------

שם עברי מקוצר: בלוקצ'יין ומטבעות קריפטוגרפיים

דרישות קדם:

מבוא למבני נתונים ואלגוריתמים או
מבני נתונים (מדמ"ח)

סילבוס בעברית

מטבעות קריפטוגרפיים ממומשים בדרך כלל על ידי רשת $p2p$ בעזרת פרוטוקולי בלוקצ'יין. התכונות וההבטחות של פרוטוקולים אלה משיגות אבטחה חסרת תקדים על ידי שילוב טכניקות מתורת המשחקים, מערכות מבוזרות, וקריפטוגרפיה. הארכיטקטורה שלהם מעלה מגוון שאלות וחושפת אתגרים בתחום האבטחה, הפרטיות והביצועים. בקורס יילמדו כלים לתכן וניתוח פרוטוקולי בלוקצ'יין וכן תוצאות קלאסיות ועכשוויות בתחום: פונקציות ערבול, סכמות חתימה והצפנה, קונצנזוס במודל סינכרוני/אסינכרוני, שרשראות מרקוב, תכן מערכת, סימולציה מבוססת אירועים, בלוקצ'יין בסיסי, טרנזקציות וחוזים חכמים, הוכחת עבודה (PoW), הוכחת השקעה (PoS), מטבעות קריפטוגרפיים קלאסיים, בלוקצ'יין מהיר, התקפה והגנה בבלוקצ'יין, פרטיות.

תוכנית הלימוד לפי שבועות (לא מחייב):

1. מבוא – בלוקצ'יין ומטבעות קריפטוגרפיים
2. סימולציה מבוססת אירועים (event-driven) – עקרונות ומימוש (לטובת תרגיל רטוב)
3. פונקציות ערבול (hash) – מודל random oracle, מימוש, מבני נתונים, אופטימיזציה ב-PoW.
4. סכמות חתימה והצפנה – EC, RSA
5. –"
6. חוזים חכמים – טרנזקציות Bitcoin ומודל UTXO
7. חוזים חכמים – Ethereum Virtual
8. קונצנזוס בבלוקצ'יין עם PoW – מודל נקמוטו לעומת מודלים קלאסיים
9. תמריצים והתקפות בבלוקצ'יין
10. אלגוריתמי בלוקצ'יין מתקדמים – NG, Hybrid, Byzcoin, Solida
11. בלוקצ'יין ללא PoW – PoS, Permacoin
12. בלוקצ'יין מורשה (Hyperledger Fabric (permissioned)
13. פרטיות – מערבלים והוכחות zero-knowledge

מקורות:

6. Narayanan, Bonneau, Felten, Miller, Goldfeder, Clark. Bitcoin and Cryptocurrency Technologies. Princeton. 2016
7. Antonopoulos. Mastering Bitcoin: Unlocking Digital Cryptocurrencies. O'Reilly Media. 2014

8. מאמרים מן הספרות המקצועית

תוצאות למידה:

הכרות עם הכלים הדרושים לתכן ולניתוח פרוטוקולי בלוקצ'יין ומטבעות קריפטוגרפיים והיכרות עם חזית הטכנולוגיה בתחום. לאחר הקורס הסטודנט יהיה מסוגל:

1. לנתח אבטחה ופרטיות של פרוטוקול בלוקצ'יין
2. לנתח ולדמות ביצועים של פרוטוקולי בלוקצ'יין בפרט וקונצנזוס בכלל
3. לתכנן מערכת בלוקצ'יין, על כל שכבותיה

הרכב הציון: תרגילי בית יבשים ורטובים.

שם הקורס באנגלית: Blockchain and Cryptocurrency Protocols

English syllabus:

Sources:

6. Narayanan, Bonneau, Felten, Miller, Goldfeder, Clark. Bitcoin and Cryptocurrency Technologies. Princeton. 2016
7. Antonopoulos. Mastering Bitcoin: Unlocking Digital Cryptocurrencies. O'Reilly Media. 2014
8. Recent academic publications

Learning Outcomes:

...

Grading:

Dry and wet assignments.

2 ה' (2 נקודות)

י. קסלסי

048889

שם עברי מקוצר: למידה ברשתות

מקצועות קדם:

044334 רשתות מחשבים ואינטרנט 1 ו-
046195 מערכות לומדות
או קורסים דומים.

סילבוס בעברית:

קורס מתקדם בנושאי מחקר עדכניים הקשורים ללמידה חاسوبית ברשתות מחשבים. הקורס יכסה מאמרים חדשים בכנסים של רשתות ולמידה.

הנושאים כוללים למידה ואופטימיזציה למגוון יישומים ברשתות, כגון ניתוב, בקרת עומסים, תיזמון חבילות, ערבול, ומסנני בלום.

הקורס מתאים גם לסטודנטים בהסמכה השוקלים לימודים לתארים מתקדמים ברשתות ובלמידה חاسوبית.

מקורות:

מאמרים נבחרים חדשים בכנסים של רשתות ולמידה.

תוצאות למידה:

(א) הבנת יסודות המחקר בלמידה חישובית ואופטימיזציה לרשתות מחשבים; (ב) היכרות עם ספרות עדכנית; ו- (ג) רכישת מיומנויות הרצאה מדעית.

הרכב הציון:

הציון יהיה מבוסס על הצגת מאמר בכיתה, על פרויקט מחקרי עם מימוש של אלגוריתם למידה, ועל השתתפות פעילה.

שם הקורס באנגלית:**Machine Learning for Computer Networks****English syllabus:**

Advanced course dealing with current research topics in machine learning for computer networks. The course will cover recent papers in networking and machine-learning conferences.

The topics include machine learning and optimization for a wide range of networking applications, such as routing, congestion control, packet scheduling, hashing, and Bloom filters.

The course also fits undergrad students who are considering grad studies in networking and in machine learning.

Learning Outcomes:

(a) Familiarity with the research approach in machine learning and optimization for computer networks; (b) Familiarity with the current literature; and (c) Acquisition of scientific presentation skills.

048890	סמינר בהבטחת נכונות של למידה עמוקה	ד. זרקסלר כהן	2 ה' (2 נקודות)
--------	---	----------------------	-----------------

שם מקוצר: נכונות של למידה עמוקה

מקצועות קדם:

אין

סילבוס בעברית:

- רשתות נוירונים הראו הצלחות מסחררות במגוון תחומים. במקביל, השנים האחרונות הראו את הקלות בה ניתן לשטות ברשתות נוירונים על ידי מתקפות שיוצרות דוגמאות אדברסליות. התקפות כאלו חותרות תחת האמינות של מערכות המבוססות למידה עמוקה. בסמינר זה נלמד על מתקפות אלו ועל דרכי ההתמודדות איתן. בפרט נלמד:
- שיטות להוכחת עמידות (רובסטיות) של רשתות נוירונים בפני התקפות אדברסליות.
 - שיטות אימון של רשתות נוירונים שמתבססות על שיטות הוכחה פורמליות במטרה לשפר את רמת העמידות של רשת נוירונים.
 - שיטות להבנת העמידות של רשתות נוירונים.

אנו נתרכז בשיטות מעשיות, נלמד על כלים המממשים אותן, ועל המגבלות הנדרשות משיטות אלו על מנת לנתח רשתות נוירונים עמוקות. כמו כן נדון בבעיות מחקריות פתוחות. הסמינר יתבסס על מאמרים מכנסים מובילים.

מקורות:

מאמרים מכנסים מובילים בתחום של הבטחת נכונות של למידה עמוקה.

דוגמאות למאמרים שיכוסו בסמינר :

1. *AI2: Safety and Robustness Certification of Neural Networks with Abstract Interpretation*. Timon Gehr, Matthew Mirman, Dana Drachler-Cohen, Petar Tsankov, Swarat Chaudhuri, Martin T. Vechev. IEEE S&P 2018.
2. *Certify or Predict: Boosting Certified Robustness with Compositional Architectures*. Mark Niklas Müller, Mislav Balunovic, Martin Vechev. ICLR 2021.
3. *DL2: Training and Querying Neural Networks with Logic*. Marc Fischer, Mislav Balunovic, Dana Drachler-Cohen, Timon Gehr, Ce Zhang, Martin Vechev. ICML 2019.

תוצאות למידה :

1. למידת שיטות מעשיות להבטחת נכונות של למידה עמוקה.
2. הכרת האתגרים המחקריים כיום בהבטחת נכונות של למידה עמוקה.

הרכב הציון :

הציון יתבסס על הצגת המאמר והשתתפות פעילה.

שם הקורס באנגלית :

Seminar in Correctness Guarantees for Deep Learning

English Syllabus:

Neural networks have shown tremendous success in many domains. At the same time, recent years have shown the simplicity in fooling neural networks by adversarial example attacks. These attacks undermine the reliability of deep learning-based systems. In this seminar, we will learn about these attacks and how to deal with them. In particular, we will learn:

- Methods for proving robustness of neural networks to adversarial attacks.
- Training methods that leverage formal methods with the goal of improving the neural network's robustness.
- Methods for understanding the robustness behavior of neural networks.

We will focus on practical methods, will study tools that implement them, and learn the limitations required to make these methods capable of analyzing deep networks. We will also discuss open research questions. The seminar will cover papers from leading conferences.

Learning Outcomes:

1. Learning practical methodologies to guarantee correctness of deep networks.
2. Familiarity with the current research challenges in guaranteeing correctness of deep networks.

2 ה' (2 נקודות)	<u>א.מנדלסון</u>	<u>אבטחת מערכות חומרה - מתיאוריה</u>	048891
		<u>להתנסות</u>	

דרישות קדם :

- 046267 - מבנה מחשבים או 234267 - מבנה מחשבים ספרתי.
- 044147 - מעגלי מיתוג אלקטרוניים (מומלץ)
- 104034 - מבוא להסתברות ח

סילבוס בעברית (עד 50 מילים, ניתן להוסיף בנוסף נושאי לימוד)

בשנים באחרונות, עם חדירת השימוש במחשב לכל תחומי חיינו (גם ללא רצוננו) הופך נושא הבטחת המערכות לנושא חשוב הן מהבחינה המחקרית והן מהבחינה היישומית. הקורס המוצע נועד ללמד

ולחקור היבטים שונים של אבטחת מערכות באמצעות חומרה ייחודית החל מהאספקטים התאורטיים שלהם וכלה בהתנסות שיטות הגנה והתקפה שונות. דגש מיוחד יינתן בקורס על שימוש של התקפות מסוג ערוצי צד. לצורך לימוד הנושא, נשתמש בערכות התנסות ייחודיות אשר יאפשרו לסטודנטים לבחון את שיטות התקפה והגנה שונות ומתקדמות באופן מעשי.

מטרת הקורס להסביר את הצדדים התאורטיים והמעשיים של טכניקות התקפה והגנה מתקדמות. הקורס יעמיק גם באמצעים עדכניים של הגנת מערכות מחשוב באופן שגורמים לא מורשים לא יוכלו, או יקשה מאוד עליהם, לשלוף מידע או להשפיע על התנהגות המערכת

פרקי לימוד מפורטים מצויים בחלק באנגלית

מקורות:

Textbooks

- Paar C, Pelzl J. Understanding cryptography: a textbook for students and practitioners. Springer Science & Business Media; 2009 Nov 27. Debdeep Mukhopadhyay and Rajat Subhra Chakraborty: “Hardware Security: Design, Threats, and Safeguards”, 2014
- Mukhopadhyay D, Chakraborty RS. Hardware security: Design, threats, and safeguards. CRC Press; 2014 Oct 29.
- Bhunia S, Tehranipoor M. Hardware security: a hands-on learning approach. Morgan Kaufmann; 2018 Oct 30.
- Papers

תוצאות למידה:

בסוף הקורס תבין הסטודנטית את הסכנות והאפשרויות לגנבת סודות ממערכות אשר אינן מוגנות היטב, מה הם אמצעי החומרה הקיימים אשר נועדו לעזור במיגון מערכות מחשב, כיצד לנצל אותם באופן המיטבי. הקורס יאפשר לסטודנטים לתרגל באופן מעשי שיטות התקפה מסוג "שימוש בערוצי צד" ולהיחשף לנושאי מחקר עדכניים הנמצאים בחזית המחקר בתחום ובכך לעודד משתלמים לחקור את התחום במסגרת עבודת מגיסטר או דוקטור.

הרכב הציון:

60% -- 2-3 עבודות בית, לפחות אחת מהן עבודה מעשית
40% -- הרצאה סמינריונית + עבודה מחקרית קטנה המתאימה להיקף הקורס

שם הקורס באנגלית

Hardware Security – from theory to practice

English syllabus:

The course focuses on Hardware methods for building secure system and of attacking them. A special emphasis is given to “side channel attacks”; we will learn the theory of using such attacks as well as experiencing how these methods work, using a dedicated education kits. The course will also cover recent research results of protecting advanced systems as well as attacking them. We will cover the following subjects:

	Class	Tirgul	Homework	comments
--	-------	--------	----------	----------

1	Introduction	Basics of Statistics		
2	Cryptography – basic notations	Galua fields and Polynomial calculations	Implementation of AES	
3	Side Channel attacks -- timing and SPA attacks	How to measure timing (and performance counters at runtime)		
4	DPA + countermeasures	DPA of AES	Synthetic DPA attack	
5	Template attacks	Noise		
6	Fault Injection	Example	DPA on real-systems	Based on traces that we will provide
7	Architecture related attacks	Cache structure		
8	Memory related issues	Rehash Verilog	Cache attack on real system	
9	Hardware Trojan	Hardware development		
10	Reverse Engineering and Hardware Security	HAL tool	Simple example on HAL (and maybe Dana)	HAL is a tool that “convert” Verilog to graphs and allow doing reverse engineering to that graph
11	AI and Graph similarities and reverse engineering	Dana		Dana is a plug-in to HAL that uses finding “structures” such as registers out of netlist
12	PUFs and TRNG	countermeasures	Selection of final project	I think that for this kind of courses, it is better to give a final project to replace the final example
13	Secure boot and system	Summary		

046xxx Hands-on Hardware Security --- Course proposal
Prof. Avi Medelson

Since other courses in the department are already covering different aspects of system level of security, this course aims to focus the hardware design and implementation level. I built the course as an hands-on course so I think that a final project will serve the purpose of the course better, although a final test (40-50%) is possible

Learning Outcomes:

The main goal of the course is to teach the students and to allow them hands-on experience of

- What is Hardware security and why it is needed.
- The use of side channel attacks and how to protect against it
- The best known methods of implementing Hardware security technique
- The use of existing means; e.g., SGX (Intel), TrustZone (ARM)

The course also aims to motivate students to do research in this important area

במסגרת הקורס יועברו נושאים מתקדמים במיקרואלקטרוניקה, לפי בחירת המרצה. סמסטר א' תשע"ח: תחמוצות פונקציונאלית למיקרואלקטרוניקה.

Will not be given the year

The Course Will Include Advanced Topics in Microelectronics, According to the Instructor'S Choice.

048905	אופטיקה לא-לינארית ושימושיה	2 ה' (2 נקודות)
--------	------------------------------------	-----------------

לא יינתן השנה

קיטוב וסוספטיביליות לא לינאריים (בעיקר תיאור מקרוסקופי) התפשטות גלים ומשוואות הגל הצמודות בתווך לא לינארי, ערוך-הרמוניה שניה וגבוהות יותר באופטיקה. בעית תיאום הפאזה ופתרונות שונים, מיקוד עצמי, האפקטים האקוסטו, מגנטו ואלקטרו אופטיים, פיזורי רמן וברילואן (מאולצים), הגברה ואוסילציה פרמטריים, אי-לינאריות במנחי גל, סיבים אופטיים ולייזרים, מושגים של אופטיקת צימוד המופע ושימושיה בתיקון מעוותי פאזה ובלייזרים.

Will not be given the year

Nonlinear Susceptibility and Polarization, Wave Propagation in Nonlinear Media, Coupled Wave Equations, Second and Higher Harmonics Generation in Optics, the Problem and Solutions of Phase Matching, Self-Focusing the Acousto, Magneto and Electro-Optic Effects, Raman and Brillouin Stimulated Scattering, Parametric Amplification and Oscillation, Nonlinearities in Wave Guides, Fibers and Lasers. Basic Concepts of Phase Conjugate Optics and Its Applications in Correction of Phase Distortion and in Lasers.

048907	אופטיקה דיפוזיבית ויישומיה בדימות ביו-רפואי	2 ה', 0 ת' (2 נקודות)
--------	--	-----------------------

שם עברי מקוצר: אופטיקה דיפוזיבית

דרישות קדם:

מקצועות קדם/מקצוע זהה/מקצועות ללא זיכוי נוסף/דרישות צמידות

114210 אופטיקה

או

336533 יסודות אופטיקה ופוטוניקה ביו-רפואית

או

044246 גלים ומערכות מפולגות.

סילבוס בעברית (עד 50 מילים, ניתן להוסיף בנוסף נושאי לימוד)

הקורס יציג את היסודות הפיסיקליים של התפשטות אור ברקמה ויסקור שיטות עדכניות אשר מאפשרות דימות אופטי בסקלות עומק שונות. הדגש יינתן בעיקר על שיטות דימות טומוגרפיות בסקלות עומק בהן האור דיפוזיפי לחלוטין. הקורס יסקור יישומים עדכניים בעיקר בתחומי הביולוגיה והרפואה.

רשימת נושאים:

(1) פיזור אור מחקלקקים קטנים

(2) התקדמות אור ברקמה: מודלים וכלי סימולציה

(3) שיטות בליסטיות לדימות אופטי

(4) שיטות דיפוזיביות לדימות אופטי

(5) שיטות משולבות לדימות אופטי

מקורות:

- 1) L. V. Wang, "Biomedical optics: Principles and imaging," Wiley-Interscience (May 29, 2007).
- 2) A. Mandelis, "Diffusion-wave fields: Mathematical methods and green functions," Springer (June 27, 2001).
- 3) J. R. Lorenzo, "Principles of Diffuse Light Propagation: Light Propagation in Tissues with Applications in Biology and Medicine," World Scientific Publishing Company; 1 edition (March 26, 2012).
- 4) A. Rosenthal *et al.*, "Acoustic inversion in optoacoustic tomography: a review," Current Medical Imaging Reviews, Vol. 9, 2013.
- 5) P. Mohajerani, *et al.*, "Optical and optoacoustic model-based tomography: theory and current challenges for deep tissue imaging of optical contrast," IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 32, 2015.

תוצאות למידה:

בסיום הקורס הסטודנט ידע:

1. את העקרונות הפיסיקליים של התפשטות אור ברקמה
2. מודלים האנליטיים והנומריים הנפוצים בתחום.
3. לנתח את היתרונות והחסרונות של שיטות הדימות השונות ויכול להסביר את מקור ההבדלים.

שם הקורס באנגלית

Diffuse optics and its application in biomedical imaging

English syllabus:

The course will present the foundations of light propagation in tissue and review current optical imaging techniques which enable tissue visualization at several scales of depth. Special attention will be given to tomographic approaches for imaging depths in which light is completely diffusive. The course will review current applications of diffuse light mostly in the fields of biology and medicine.

Specific topics:

- 1) Light scattering by small particles
- 2) Light propagation in biological tissue: Models and simulation tools
- 3) Baslastic techniques in optical imaging
- 4) Diffusive techniques in optical imaging
- 5) Hybrid techniques in optical imaging

Learning Outcomes:

At the end of the course the students will be

1. familiar with the physical underpinnings of light propagation in biological tissue
2. familiar with the analytical and numerical techniques used in the field.
3. capable of analyze the advantages and disadvantages of the various imaging techniques and will know how to the origin of the differents .

2 ה' (2 נקודות)

נושאים מתקדמים במיקרואלקטרוניקה 2 048908

לא יינתן השנה

במסגרת הקורס יועברו נושאים מתקדמים במיקרואלקטרוניקה, לפי בחירת המרצה. סמסטר א' תשע"ח: חיישני תמונה תכן והתקנים.
סמסטר ב' תשע"ט: תחמוצות מפיזיקה להתקנים.
סמסטר ב' תש"ף: צינוריות פחמן, גרפן וחומרי ואן דר-ואלס דו מימדיים.

Will not be given the year

The Course Will Include Advanced Topics in Microelectronics, According to the Instructor'S Choice.

2 ה' (2 נקודות)

תכן מודרני של מערכות בקרה 048912

לא יינתן השנה

קורס זה מסכם את השיטות החדשות לתכנון בקרה למערכות לינאריות. נציג ונבקר את השיטות הבאות:
1. סקירה של תכנון ו- lqg/ltr lqg lqr - h_2 .
2. h וסינתזה $h - u$ עם אילוצים.
3. l וסינתזה l למערכות עם אי-ודאות.

Will not be given the year

In This Course Some New Techniques for the Design of Controllers for Linear Systems Are Summarized. the Following Methods Are Introduced and Criticized:

1. Review of Design lqg , lqr and $lqg/Ltr - H$.
2. Hand - Synthesis - H with Constraints.
3. and Synthesis for Uncertain Systems.

2 ה' (2 נקודות)

אלגוריתמים לעריכת ובדיקת מעגלים משולבים 048918

הקורס הוחלף בקורס מספר 046918.

2 ה' (2 נקודות)

נושאים מתקדמים בראיה, מבנה תמונות וראיה ממוחשבת 1 048921

לא יינתן השנה

קורס מתקדם בתחום מדעי התמונה והראייה העוסק בנושאי מחקר מתחום עיסוקו של המרצה.
 סמסטר א' תשע"ח: אתגרים בראייה ממוחשבת לצורך מציאות מדומה ורבודה. סמסטר א' תשע"ט:
 צילום חישובי. סמסטר א' תש"ף: צילום חישובי.

Will not be given the year

An Advanced Course in Image and Vision Sciences Which Deals with Topics in the Area of Interest of the Instructor.

מ'4 (2 נקודות)	<u>מורי השטח</u>	<u>מעבדה בראייה, מבנה תמונות וראייה ממוחשבת</u>	048922
-------------------	------------------	---	--------

מקצועות קדם:

048860 - עיבוד תמונות.
 046326 - מבוא לאותות ביולוגיים.

מקצועות מומלצים:

048873 - ראייה ממוחשבת.
 236501 - מבוא לאינטליגנציה מלאכותית.
 236502 - זיהוי צורות.
 046332 - מערכות ראייה ושמיעה.
 044345 - עיבודים גרפיים במחשב
 048921 - נושאים נבחרים בראייה מבנה תמונות וראייה ממוחשבת.

המעבדה מיועדת לסטודנטים המבקשים לבצע פרויקטים בעלי זיקה למערכת הראייה, מבנה תמונות
 זיהוי צורות ולהבטים שונים של ראייה ממוחשבת. הפרוייקטים יבוצעו בהדרכת חבר סגל בכיר ויהוו
 צעד ראשון לקראת עבודות מגיסטר בתחום.

מקורות:

- Ballard, D.H. and Brown, C.M.: "Computer Vision". Prentice-Hall, 1982. rec. 213034.
 - Marr, D.: "Vision". Freeman, 1982. rec. 211377.
 - Serra, J.: "Image Analysis and Mathematical Morphology". Academic Press, 1982, 1984. rec. 208825.
- מאמרים מהספרות השוטפת במיוחד בעיתונים: IEEE PAMI ו-Biological Cybernetics ו-J. Opt. Soc. Am.

ה'2 (2 נקודות)	<u>סמינר במיקרואלקטרוניקה</u>	048923
-------------------	-------------------------------	--------

לא יינתן השנה

במסגרת זו יינתנו סמינרים בנושאים שונים מתחום המחקר של המרצה.

Will not be given the year

In This Course Various Seminars Will Be Given According to the Interest of the Instructor.

ה'2 (2 נקודות)	<u>נושאים מתקדמים בעיבוד תמונות</u>	048926 (חדש)
-------------------	-------------------------------------	-----------------

לא יינתן השנה

קורס מתקדם בתחום עיבוד תמונות העוסק בנושאי מחקר מתחום עיסוקו של המרצה.

Will not be given the year

An Advanced Course in Image Processing Which Deals with Topics in the Area of Interest of the Instructor.

048929	<u>עיבוד אותות מסתגל (אדפטיבי)</u>	<u>א.פויאר</u>
		ה'2 (2 נקודות)

מקצועות קדם:

044202 – אותות אקראיים.
044198 - מבוא לעיבוד ספרתי של אותות.

הנושאים שיידונו בקורס זה הם: אלגוריתמים אדפטיביים עבור מסננים עם תגובת הלם באורך סופי, אלגוריתם ה-RLS ומבנה ה-Lattice וסינון אדפטיבי במישור התדר..
דגש יושם על אלגוריתם ה-LMS, ניתוח ביצועי ותנאים להתכנסותו כאשר התוצאות שיוצגו הן החדשות ביותר בספרות. חלק ניכר בקורס יוקדש לתיאור יישומים של המסננים האדפטיביים בשטחים שונים בתקשורת ועיבוד אותות.

מקורות:

- Haykin, S. Adaptive Filter Theory. 4th ed. Prentice-Hall, 2002. s.n. 2239459 – 4th ed., 2002. s.n. 2169895 – 3rd ed., 1996.
- Adaptive Filters. Edited by Cowan, C.F.N. and Grant, P.M. Prentice-Hall, 1985. s.n. 2000227
- Widrow, B. Adaptive Signal Processing. Prentice-Hall, 1985. s.n. 2001139.
- Honig, M.L. Adaptive Filters: Structures, Algorithms, and Applications. Kluwer Academic Publishers, 1984. s.n. 52620.
- Sayed, Ali H. Fundamentals of Adaptive Filtering. Wiley, 2003. s.n. 2279866.

048930	<u>נושאים מתקדמים באלקטרואופטיקה</u>	(3 נקודות)
--------	---	------------

לא יינתן השנה

קורס מתקדם באלקטרואופטיקה העוסק בנושאי מחקר מתחום מחקרו של המרצה. סמסטר א' תשע"ט: אלקטרודינמיקה קוונטית ויישומיה באינטרקציות אור - חומר ואלקטרואופטיקה.

Will not be given the year

Advanced Course in Electro-Optics. the Topics Will Be Chosen According to the Interest of the Instructor.

048931	<u>מידות אינפורמציה ושימושיהן</u>	<u>י.ששון</u>
		ה'2 (2 נקודות)

הקורס התפתח במסגרת מתן קורס "נושאים מתקדמים בתקשורת ותורת האינפורמציה" בסמסטר אביב 2015-2016 ובסמסטר אביב 2016-2017.

מקצועות קדם:

046733- תורת האינפורמציה

סילבוס:

הקורס המוצע הינו קורס העוסק בהעמקה במידות אינפורמציה מוכללים, הדגמת שימושיהן במגוון בעיות בתורת האינפורמציה, וההסקה הסטטיסטית.

נושאי הלימוד: הנושאים שיכוסו בקורס הם:

- 1- מידות אינפורמציוניות ואי-שיויונים בתורת האינפורמציה: חזרה על מידות אינפורמציה ואי-שיויונים בסיסיים, הכרת מידות אינפורמציוניות מוכללות וטכניקות הוכחה חדשות, הכרת שימושי מידות אינפורמציה אלו במגוון בעיות בתחום תורת האינפורמציה והתקשורת.
- 2- אי-שיויונים של ריכוז מידות (concentration of measure inequalities) - שיטת האנטרופיה, אי-שיויונים מסוג log-Sobolev ו transportation-cost המוכחים עם כלים אינפורמציוניים, ושימושים בתורת האינפורמציה.

תוצאות למידה: העמקת לימוד של מידות אינפורמציה, ושימושיהן המגוונים בתורת האינפורמציה ובתורת ההסקה הסטטיסטית. לימוד אי-שיויונים של ריכוז מידות, גישות הוכחה שמבוססות על תכונותיהן של מידות אינפורמציה, והכרת שימושיהן בתורת האינפורמציה.

מקורות:

- 1) T. M. Cover and J. A. Thomas, *Elements of Information Theory*, John Wiley & Sons, second edition, 2006.
- 2) I. Csiszar and P. C. Shields, *Information Theory and Statistics*, Foundations and Trends in Communications and Information Theory, vol. 1, no. 4, 2004.
- 3) S. Boucheron, G. Lugosi, and P. Massart, *Concentration Inequalities – A Nonasymptotic Theory of Independence*, Oxford University Press, 2013
- 4) M. Raginsky and I. Sason, *Concentration of Measure Inequalities in Information Theory, Communications and Coding*, Foundations and Trends in Communications and Information Theory, vol. 10, no. 1-2, pp. 1-249, second edition, October 2014.

S. Verdu, *Information Theory*, Princeton Press, to appear in 2019

4 מ' (2 נקודות)	ש. שמאי(שיץ)	מעבדה בתקשורת	048933
-----------------	---------------------	----------------------	---------------

הערה: ההרשמה למעבדה דורשת אישור מוקדם של האחראי על המעבדה.

מקצועות קדם: לפחות שלושה מקצועות משרשרות התקשורת בלימודי הסמכה. דרישות מפורטות למקצועות קדם או למקצועות מקבילים יקבעו עבור כל פרויקט בנפרד.

המעבדה מיועדת לסטודנטים המתעניינים בלימוד שטח התקשורת בלימודי המוסמכים ומבקשים לבצע פרויקטים בתחום התקשורת האנלוגית או הספרתית. הפרוייקטים הראשונים יהיו בתחום מימוש אלגוריתמי צפינה מתקדמים ושילובם בערוצים סיפרתיים שונים, או בתחום של הערכת הביצועים של האלגוריתמים הנ"ל, או בתחום של חיפוש צפנים אופטימליים.

פרוייקטים בנושאים נוספים יוגדרו בהמשך. ביצוע פרוייקט במעבדה עשוי לעזור לסטודנט בגיבוש נושא למחקר בתחום התקשורת.

ה'2 (2 נקודות)	<u>ש. שמאי (שיץ)</u>	<u>תקשורת מקודדת</u>	048934
-------------------	----------------------	----------------------	--------

מקצוע קדם:

046206 - תקשורת ספרתית.

מושגים בסיסיים ופרמטרים של מערכות תקשורת ספרתיות. מודלים חשובים של ערוצים. צופני בלוק, צופני קונוולוציה ומדדים לביצועיהם במובן תוחלת אנסמבל. צופני טרליס.

מקורות:

1. Viterbi, A.J. and Omura, J.K.: "Principles of Digital Communication and Coding". McGraw-Hill, 1979, 1985. rec. 2014844.
2. Wozencraft, J.M. and Jacobs, I.M., "Principles of Communication Engineering". Wiley, 1965. .rec. 215864.

ה'2 (2 נקודות)	<u>בקה של מערכות בתנאי אי-ודאות</u>	048937
-------------------	-------------------------------------	--------

לא יינתן השנה

קריטריונים ליציבות ו "יציבות יחסית" של מערכות לינאריות רציפות ודיסקרטיות בעלות פרמטרים עם אי ודאות. משפט חריטונוב. משפט הצלעות. משפט קבוצת האפס תכן של מערכות לינאריות רובוסטיות ביחס לאי-ודאות של המודל, בעזרת משוב מצב או משוב יציאה. אנליזה ותכן של מערכות רציפות ודיסקרטיות לא לינאריות מטפוס לוריא עם אי-ודאות בפרמטרים.

Will not be given the year

Stability and "Nice" Stability Criteria for Linear Continuous and Discrete Systems with Uncertain Parameters. Kharitonov Theorem. Edge Theorem. Zero-Set Theorem. Design of Robust Linear Systems with Respect to Model Uncertainties, by State Or Output Feedback. Analysis and Design of Nonlinear Continuous and Discrete Systems of the Lurie Type, in the Presence of Uncertain Parameters.

ה'2 (2 נקודות)	<u>לייזרי מל"מ ננומטריים</u>	048938
-------------------	------------------------------	--------

לא יינתן השנה

מקצוע קדם מומלץ : 046216 א. תכונות אפנון של לייזרי הזרקה בתדרים גבוהים :

1. תכונות אפנון אנלוגי בתדרי מיקרוגל.
2. אפנון דיגיטלי בקצבים של gbits/sec.
3. אפנון תדר.
4. השפעת אפנון דיגיטלי מהיר על תכונות ספקטרליות. ב. ייצור הבזקי אור קצרים (picosecond) בעזרת לייזרי הזרקה.
1. שיטות ייצור הבזקי אור קצרים (gain switching) picosecond ו-mode-locking.
2. אפיון ומדידה של הבזקי אור קצרים.

Will not be given the year

High-Frequency Modulation Characteristic of Diode Lasers: Analog Modulation Characteristics at Microwave Frequencies. Digital Modulation at Gbits/Sec Rates. Frequency Modulation. Spectral Properties Under Digital Modulation Conditions. Generation of Short Optical Pulses (Picosecond Pulses) Using Laser Diodes: Gain Switching, Mode-Locking. Characterization and Measurements of Short Pulses.

2ה',
(2 נקודות)

נושאים מתקדמים בעבוד אותות 3

048939

לא יינתן השנה

קורס מתקדם בתחום עיבוד אותות העוסק בנושאי מחקר מתחום עיסוקו של המרצה. סמסטר א' תשע"ח: עיבוד אותות מרחבי. סמסטר א' תשע"ט: עיבוד אותות מרחבי.

Will not be given the year

An Advanced Course in Signal Processing Which Deals with Research Topics in the Over of Interest of the Instructor.

2ה'
(2 נקודות)

ר. טלמון

נושאים מתקדמים בעבוד אותות 4

048940

נושא הקורס בתשפ"ג: עיבוד וניתוח גאומטרי של מידע

שם מקוצר בעברית: עיבוד וניתוח גאומטרי של מידע

דרישות קדם:

אין

סילבוס בעברית

מטרת הקורס היא להציג את ההיבטים האלגוריתמים והמתמטיים של עיבוד וניתוח גאומטרי של מידע. דגש מיוחד יושם על תיאור אחוד של אנליזה גאומטרית רציפה ובדידה. לקורס שני חלקים עיקריים. החלק הראשון כולל את היסודות התיאורטיים, והחלק השני מתמקד באלגוריתמים ויישומים כגון אישכול, עיבוד אותות על גרפים, ולמידת יריעות.

נושאי הלימוד:

ראה רשימת נושאים באנגלית.

מקורות:

1. *Differential Geometry of Curves and Surfaces* (2nd edition 2016), by M do Carmo, Prentice Hall, ISBN: 0132125897
2. *Algebraic Graph Theory*, by Chris Godsil and Gordon Royle
3. *Spectral Graph Theory*, by Fan Chung
4. *Spectral and Algebraic Graph Theory*, preprint by Dan Spielman (available online: <http://cs-www.cs.yale.edu/homes/spielman/sagt/sagt.pdf>)
5. Sandryhaila, Aliaksei, and José MF Moura. "Discrete signal processing on graphs." *IEEE transactions on signal processing* 61.7 (2013): 1644-1656.
6. Shuman, David I., et al. "The emerging field of signal processing on graphs: Extending high-dimensional data analysis to networks and other irregular domains." *IEEE signal processing magazine* 30.3 (2013): 83-98.
7. Kipf, T. N., & Welling, M. (2016). "Semi-Supervised Classification with Graph Convolutional Networks", ICLR 2017.

Bronstein, M. M., Bruna, J., LeCun, Y., Szlam, A., & Vandergheynst, P. (2017). Geometric deep learning: going beyond euclidean data. *IEEE Signal Processing Magazine*, 34(4), 18-42.

תוצאות למידה:

8. עם השלמת הקורס בהצלחה, הסטודנט יהיה מסוגל להגדיר מושגי יסוד באנליזה ספקטרלית של גרפים ובגאומטריה דיפרנציאלית, ולהוכיח תכונות בסיסיות.
9. עם השלמת הקורס בהצלחה, הסטודנט יהיה מסוגל ליישם שיטות לעיבוד וניתוח גאומטרי של מידע.
10. עם השלמת הקורס בהצלחה, הסטודנט יהיה מסוגל לממש במטלב או פייתון אלגוריתמים לסינון, אישכול, פעפוע מידע, זיהוי אנומליות וניתוח מידע.

הרכב הציון:

הציון יקבע על סמך תרגילי בית ופרויקט.

נושא הקורס באנגלית

Geometric Data Processing and Analysis

English syllabus:

Geometric data processing and analysis is a fast-growing field with applications in a broad range of fields. Its roots spread in classical areas such as differential geometry and harmonic analysis, while current applications involve contemporary topics such as deep learning, dimensionality reduction, and signal processing on graphs. The main purpose of this course is to introduce the fundamental theory of geometric data analysis, with special emphasis put on a unified perspective on both continuous and discrete analysis, as well as the emerging related applications.

Topics:

Part I - Theory

1. Discrete geometric analysis:
 1. The graph Laplacian
 2. Random walks and diffusion on graphs
 3. Spectral analysis of Laplacians and random walks (Rayleigh quotient, spectral gap, power method)
2. Continuous geometric analysis:
 1. Metric spaces and manifolds (definitions, gradient, divergence, Laplacian, geodesic distances)
 2. The Laplace-Beltrami operator (spectral analysis and geometry, heat equation)
3. Analogy between discrete and continuous geometric learning (convergence of Laplacians)

Part II - Applications

1. Signal processing on graphs
2. Spectral clustering (Fiedler's vector, Cheeger's inequality, conductance, NormalizedCut and RatioCut)
3. Embedding methods, dimensionality reduction, and manifold learning (MDS and variants, ISOMAP, Laplacian eigenmaps)
4. Diffusion geometry (discrete and continuous) - diffusion maps, diffusion distance
5. Functional maps, Koopman operator theory, DMD
6. GNNs and GCNs.

Learning Outcomes:

Each student will be able to: 1. Define fundamental terms in spectral graph theory and differential geometry; 2. Apply geometric analysis techniques to high-dimensional data; 3. Implement (in MATLAB/Python) algorithms for data embedding and dimensionality reduction.

נושא הקורס בתשפ"ג: קידוד רשת למערכות מידע ותקשורת מתקדמות

שם עברי מקוצר: קידוד רשת

דרישות קדם: אין

מקצועות קדם מומלצים: תורת האינפורמציה (046733), מבוא לתורת הקידוד בתקשורת (046205)

סילבוס בעברית

הקורס עוסק ביסודות תורת הקידוד לרשתות. נלמד בפירוט את המודלים, האלגוריתמים והקודים העיקריים של קידוד רשת, במיוחד עבור מערכות מידע ותקשורת מבוצרת מתקדמות. נשקול מספר פתרונות מעשיים ויישומים של קידוד רשת בתחומים שונים של רשתות, אבטחה, אחסון ומחשוב מבוזר.

נושאי הלימוד:

ראה רשימת נושאים באנגלית.

מקורות:

1. Yeung, Raymond W. Information theory and network coding. Springer Science & Business Media, 2008.
2. Médard, Muriel, and Alex Sprintson, eds. Network coding: Fundamentals and applications. Academic Press, 2011.
3. Fragouli, Christina, and Emina Soljanin. Network coding fundamentals. Now Publishers Inc, 2007.
4. El Gamal, Abbas, and Young-Han Kim. Network information theory. Cambridge university press, 2011.
5. Cover, Thomas M., and Joy A. Thomas. Elements of information theory. Second edition, 2006.
6. Fitzek, Frank, Fabrizio Granelli, and Patrick Seeling, eds. Computing in Communication Networks: From Theory to Practice. Academic Press, 2020.

תוצאות למידה:

11. עם השלמת הקורס בהצלחה, הסטודנטים יכירו את הגישות הנפוצות בקידוד רשת למערכות מידע ותקשורת מבוצרת מתקדמות, את האפליקציות הנפוצות המשתמשות בהם, ואת האתגרים העיקריים במימושן.
12. הסטודנטים יתמצאו ביתרונות בשימוש בקידוד רשת במערכות תקשורת הטרוגניות מתקדמות, אבטחה, אחסון ומחשוב מבוזר, כמו גם את נקודות התורפה שחייבים להתייחס אליהן כדי להבטיח שימוש יעיל ומוצלח.

הרכב הציון:

במהלך הסמסטר יחולקו 4-5 גיליונות תרגילי בית. בנוסף, כל סטודנט יידרש להציג בכיתה ולכתוב סקירה ביקורתית על מאמר בנושא הקרוב לקורס, מתוך רשימת מאמרים שתפורסם בתחילת הסמסטר. הסקירה תוגש בסוף הסמסטר ותהיה עליה בחינה בע"פ. הציון בקורס יורכב מציון תרגילי הבית (30%) וציון על ההצגה בכיתה, סקירה ביקורתית והבחינה בע"פ (70%).

שם הקורס באנגלית

English syllabus:

The course deals with the fundamentals of Network Coding Theory. We will study the main models, algorithms, and codes of Network Coding in detail, particularly for distributed data systems and communications. We will consider several practical solutions and applications of network coding in various areas of networking, security, storage, and distributed computing.

Course description and structure

First part: Frontal network coding course – 70%

1. Introduction, basic concepts and measurements in Information Theory
 - butterfly network
2. Network coding graphs: min cut and max flow bound
 - finite fields
3. Linear network code and global vectors
 - multicast, broadcast, dispersion codes
4. Algebraic network coding
5. Random linear network codes
6. Advanced communication with network coding
7. Linear information flow (LIF) algorithm
8. Distributed storage – disk arrays
9. Secure network coding

Second part: Student presentations – 30%

Student presentations on state of the art and advanced papers in network coding.

Learning Outcomes:

1. At the conclusion of the course, students will be familiar with advanced network coding techniques for distributed data systems and heterogeneous communications, the practical solutions and applications of network coding in various areas of networking, and the main challenges in using them.
2. Students will gain an understanding of the settings in which using network coding is advantageous, as well as in the caveats that must be avoided to make effective and efficient use of network coding in distributed data systems and heterogeneous communications.

3ה' (3 נקודות)	<u>תנודות רחבות משווי משקל ושימושיהן</u>	048944
-------------------	---	---------------

לא יינתן השנה

מקצוע קדם מומלץ: 108324. הגדרת תנודות רחבות משווי משקל (תרש"ם). משפט קרמר במימד אחד וב- n מימדים. טרנספורם לזינדר. משפט שילדר. משפט קרמר אבסטרקטי. משפט סנוב. תרש"ם עבור תהליכי מרקוב. תרש"ם ברמה
 3. שימושים: בעיות היציאה מתחום. איבוד נעילה בחוגי עקיבה רועשים. משפטי צפינה. משפט שנון מקמילן. שימושים בבדיקת השערות יוניברסליות ובתורת האינפורמציה.

Will not be given the year

Definition of Large Deviations. Cramer'S Theorem in One and N Dimensions. Legendre Transform. Sanov'S Theorem. Large Deviations for Markov Processes. Large Deviations in Level

3. Applications: the Problem of Exit from a Domain. Lock Loss in Noisy Loops. Coding Theorems. Shannon-McMillan'S Theorem. Applications to Universal Hypotheses Testing and Information Theory.

ה'2 (2 נקודות)	048949 פרקים בתקשורת ספרתית 3
-------------------	--------------------------------------

לא יינתן השנה

הערה: מקצוע מומלץ: 048934.
גילוי אותות רצופי פאזה בעזרת גלי מפלא, תקשורת באות מאופנן דופק אמפליטודה (pam) בערוץ גאוסי עם הפרעה בינסימנית, חסמים לביצועים של אלגוריתם ויטרבי בבעיות גילוי ושערוך, אותות רצופי פאזה (cpm).

Will not be given the year

Detection of M-Ary Cpsk by a Limiter Discriminator, Pulse Amplitude Modulated (Pam) Signalling Via Dispersive Gaussian Channels, Bounds on the Performance of the Viterbi Algorithm in Detection and Estimation, Continuous Phase Modulated Signals (Cpm).

Comment: Recommended Background Course: 048934.

ה'2 (2 נקודות)	ל. צלניק-מנור	נושאים מתקדמים בראיה, מבנה תמונות וראיה ממוחשבת 2	048972
-------------------	----------------------	--	---------------

קורס סמינריוני מתקדם בתחום מדעי התמונה והראיה העוסק בנושאי מחקר מתחום עיסוקו של המרצה.

נושא הקורס בתשפ"ג: מדידה וחישה של בני אדם באמצעות מצלמות.

מקצועות קדם מומלצים:

046746 – אלגוריתמים ויישומים בראיה ממוחשבת
236873 –ראייה ממוחשבת
או הסכמת המרצה.

קורס סמינריוני שיעסוק בנושאים מתקדמים בתחום הראייה ממוחשבת, בעיקר בשימושים והקשרים של ראייה ממוחשבת לצורך מדידה וחישה של בני אדם:

תחום בריאות האדם, ומינוף טכנולוגיות חדשניות לצורך שיפור הבריאות הגופנית והנפשית, מזהים כאחת הבעיות החשובות של העשור הקרוב. בקורס זה נעסוק בשיטות למדידה, אנליזה, זיהוי ופרדיקציה של מצבו של אדם. לדוגמא, מדידת מצב רגשי, תנועתיות, יציבות, טונוס שרירים, פעילות עיניים, זרימת דם, ועוד, ובאמצעותם הסקת מסקנות כמו יציבות נפשית, עייפות, מחלות וכדומה.
השיטות בהן נתמקד יתבססו על למידת מכונה תחת מיעוט דאטא מתויג.

הרכב הציון:

הציון יקבע על סמך עבודה סמינרינית שתוצג בכיתה, השתתפות פעילה במהלך הקורס, ומטלות בית.

מקורות:

מאמרים נבחרים שהתפרסמו בשנים האחרונות בכנסים המובילים בתחום.

תוצאות למידה:

1. עם השלמת הקורס בהצלחה, הסטודנט יהיה בעל ידע רחב בשיטות מתקדמות למדידה וחישה של אנשים על ידי מצלמות.
2. עם השלמת הקורס בהצלחה, הסטודנט יהיה מסוגל לנתח, להשוות, ולהסיק מסקנות לגבי אפקטיביות ומגבלות של שיטות בתחום.
3. יושם דגש על שיטות שדורשות מיעוט דאטא מתויג, כך שעם השלמת הקורס בהצלחה הסטודנט יהיה בעל הכרות עם שיטות מבוססות למידה שאינן דורשות הרבה דאטא.

שם הקורס באנגלית

Measuring and sensing people using cameras

English syllabus:

The course will be a seminar dealing with advanced topics of computer vision, with strong emphasis on applications of computer vision for measuring and sensing people and their health status. In more detail, human health and the leveraging of advanced technologies to improve physical and mental health, have been identified as one of the important challenges of the coming decade. In this course we will explore methods for measuring, analyzing, recognizing and predicting human health status. For example, measuring mental state, activity, stability, muscle tonus, eye movements, blood flow, and more, and through that reaching conclusions on mental stability, tiredness, disease onset, etc. We will focus on machine learning methods for unsupervised and weakly-supervised scenarios.

ה'2 (2 נקודות)	<u>מ. נצרת</u>	<u>תקשורת וחישה פוטונית</u>	048951
-------------------	----------------	-----------------------------	--------

מקצוע קדם:

046206 - מבוא לתקשורת ספרתית.

ניתוח מעגלים פוטוניים משולבים לאיפנון וקדם-גילוי פאזה, אמפליטודה, קיטוב ותדר אור. סטטיסטיקת פוטונים מתקדמת: גילוי והגברה אופטית. גילוי אופטי קוהרנטי: עקרונות, גבולות-ביצועים, תת-מערכות (פוטוניקה משולבת. dsp), יישומים: קישוריות פוטונית אולטרה-מהירה בגילוי ישיר/קוהרנטי. חישה-מרחוק קוהרנטית, lidar: חישה-מפולגת-על-סיב.

תוצאות למידה:

בסיום הקורס הסטודנט ידע:

1. להעריך את המנעד הרחב של עקרון הגילוי האופטי הקוהרנטי ביישומים מגוונים החל מקישוריות פוטונית של הדור-הבא וכלה בחישה-מרחוק, הן על-גבי תווכי התפשטות בסיב והן במרחב חפשי
2. לרכוש הבנה במערכות גילוי-ישיר וקוהרנטי לתקשורת אופטית ולחישה אופטית במסגרת מאוחדת המשלבת אופטיקה פיסיקלית, ניתוח מתימטי של אות ורעש, עקרונות של הנדסה אופטית חדישה(כגון שימוש בפוטוניקת סיליקון משולבת).
3. יכולות ניתוח, מדידה, תכן ובדיקה של תקציב-הקו האלקטרו-אופטי עבור מגוון מערכות אשר נענות לאותם עקרונות: מערכות אופטיות להעברת נתונים, מערכות מכ"ם אופטי וראיה תלת-מימדית ומערכות מטרולוגיות על גבי סיב-אופטי.

מקורות:

1. Karp, Sh. [et al.] Optical Channels: Fibers, Clouds, Water, and the Atmosphere. Plenum, 1988. s.n. 2055788.
2. Okoshi, T., Kikuchi, K. Coherent Optical Fiber Communications. KTK

Scientific, 1988. s.n. 2061877.

3. מאמרים מהספרות המקצועית השוטפת.

Course name: Photonic Communication and sensing

English syllabus: Photonic integrated circuits for modulation, pre-detection of light phase, amplitude, polarization, frequency.

Advanced photon statistics: photodetection, optical amplification.

Coherent Optical Detection: Principles, performance limits, sub-systems (integrated photonics, DSP).

Applications: Ultra-high-speed photonic interconnects with direct/coherent detection.

Coherent remote sensing: LIDAR, Distributed-Fiber-Sensing

Learning outcomes: Photonic Communication and Sensing

- Appreciate the wide applicability of the coherent detection paradigm in use cases ranging from next-gen data interconnects to remote optical sensing over both fiber-optics and free-space optical propagation media.
- Comprehend direct-detection/coherent photonic communication and sensing systems under a unified framework, combining physical optics, mathematical signal and noise analysis, and modern optical engineering principles (such as the use of silicon integrated photonics).
- Ability to analyze, design, measure, validate the opto-electronic link budget of optical systems subject to common principles: data transmission systems, LIDAR and 3D vision systems, fiber optic metrology systems.

2 ה' (2 נקודות)	<u>ת.מיכאלי</u>	<u>שיטות סטטיסטיות בעבוד תמונה</u>	048954
-----------------	-----------------	------------------------------------	--------

דרישות קדם:

046200 – עיבוד וניתוח תמונות

046202 – אותות אקראיים

סילבוס

מטרת הקורס היא הכרת מגוון גישות סטטיסטיות עדכניות לפתרון בעיות בעיבוד תמונה. הקורס יסקור מבוא לשערוך לא פרמטרי. שיטות הורדת מימד לא פרמטריות. תכונות סטטיסטיות של תמונות טבעיות. מודלים פרמטריים ולא פרמטריים לייצוג תמונות. שדות מרקוב אקראיים. יישומים להסרת רעש, הסרת טשטוש, הגדלת רזולוציה, שערוך גרעין הטשטוש של המצלמה.

מקורות:

מאמרים מהספרות השוטפת.

תוצאות למידה:

הכרת שיטות סטטיסטיות בסיסיות ושימושן בעיבוד תמונה. בפרט, סטודנטים אשר ישלימו את הקורס בהצלחה יוכלו להתאים מודלים סטטיסטיים למגוון בעיות עיבוד אות וכן לממש אלגוריתמי שערוך לפתרון אותן בעיות.

הרכב הציון:

100% פרויקט סופי

Course name: Statistical methods in image processing

English syllabus:

The goal of this class is to expose the students to a variety of statistical methods for solving image processing problems. The course will cover an introduction to nonparametric estimation. Nonparametric dimensionality reduction methods. Statistical properties of natural images. Parametric and nonparametric models for images. Markov random fields. Applications to denoising, deblurring, super-resolution, blur-kernel estimation.

Learning Outcomes:

Gaining familiarity with basic statistical methods and their use in image processing. In particular, students that will have completed the course successfully will be able to fit the statistical models learned in class to a variety of signal processing problems, as well as to implement estimation algorithms for solving these problems.

Grade:

100% final project

ה'2
(2 נקודות)

קידוד ספרתי של אותות דיבור ותמונות 048955

לא יינתן השנה

קידוד "צורת גל" של אותות דיבור ותמונות. קוונטיזציה סקלרית ותכן קוונטיזציה אופטימלים, קידוד pcm, קוונטיזציה אדפטיבית (apcm), קומפנדרים, קידוד פרדיקטיבי (dpcm, adpcm), קוונטיזציה וקטורית (vq), קידוד אנטרופיה, קידוד בפסי תדר נפרדים (sbc), קידוד פירמידלי, קידוד התמרה (tc), מערכות אנליזה וסינטזה לקידוד דיבור: חיזוי לינארי, ווקודורים (lpc), מקודדי שארית (mpe-lpc, celp, vselp), מקודדי עירור מעורב (mbe, melp).

Will not be given the year

Waveform Coding of Speech and Images: Scalar Quantization and Design of Optimal Quantizers, Adaptive Quantization (Apcm), Companders, Predictive Coding (Dpcm, Adpcm), Vector Quantization. Entropy Coding, Subband Coding (Sbc), Pyramidal Coding, Transform Coding, Analysis and Synthesis Systems for Speech Coding: Linear Prediction, Vcoders (Lpc) Residual Coders (Mpe-Lpc, Celp, Vselp), Mixed-Excitation Coders (Mbe, Melp).

ה'2
(2 נקודות)

התקני מוליכים למחצה עם צמתים-מעורבים 048958

לא יינתן השנה

צמתים הומוגניים ולא-הומוגניים. דיאגרמת פסים של צמתים במוליכים למחצה, אי רציפות הפסים במגע. תכונות תובלה של צמתים n-p הומוגניים וצמתים n-n- לא הומוגניים. מחסומי שוטקי, אפקט מנהרה, מגעים אוהמיים. קבול הצומת ומדידת הפרופיל בעזרת cv. טרנזיסטורים במבנים לא הומוגניים. mesfet, hemt, והתקנים של בורות קוונטיים.

Will not be given the year

Homogenous and Inhomogenous Junctions. Band Diagrams of Semiconductor Junctions, Band Discontinuities. Transport of Homogenous P-N Junctions and Inhomogenous N-N Junctions. Schottky Barriers, Tunneling, and Ohmic-Contacts. Junction Capacitance, C_v

Profiling of Junctions. Transistors with Inhomogenous Structures. Mesfet, Hemt, and Quantum Well Devices.

ה'2 (2 נקודות)	<u>נושאים מתקדמים ברשתות עצביות</u>	048959
-------------------	-------------------------------------	--------

לא יינתן השנה

קורס מתקדם בתחום רשתות עצביות העוסק בנושאי מחקר מתחום עיסוקו של המרצה.

Will not be given the year

An Advanced Course Neural Networks Which Deals with Topics in the Area of Interest of the Instructor.

ה'2 (2 נקודות)	<u>נושאים מתקדמים במחשוב 1</u>	048961
-------------------	--------------------------------	--------

לא יינתן השנה

קורס מתקדם בנושאים שונים הקשורים בתכנון ויישום מערכות חישוב. הקורס ישמש גם כבסיס למשתלמים המעוניינים לבצע עבודת מגיסטר או דוקטור בתחום. סמסטר א' תשע"ח: מערכות הפעלה נמוכות תקורה. סמסטר א' תשע"ט: מערכות הפעלה נמוכות תקורה. סמסטר ב' תשע"ט: מערכות הפעלה נמוכות תקורה. סמסטר א' תש"ף: מערכות הפעלה נמוכות תקורה.

Will not be given the year

Advanced Course Dealing with a Variety of Topics in Design and Implementation of Computing Systems. The Course Will Also Serve as a Basis for Student Interested in Carrying Out Thesis Reserch in the

ה'2 (2 נקודות)	<u>נושאים ברשתות תקשורת בין מחשבים 4</u>	048962
-------------------	--	--------

לא יינתן השנה

קורס מתקדם בו יידונו נושאי מחקר שוטפים בנושאי תקשורת בין מחשבים. הקורס ישמש גם כבסיס למשתלמים המעוניינים לבצע עבודת מגיסטר או דוקטור.

Will not be given the year

Advanced Course in Which Current Topics in Computer Communication Networks Will Be Discussed. the Course Will Also Serve as a Basis for Student Interested in Carrying Out Thesis Research in the Field.

ה'2 (2 נקודות)	<u>מערכות תקשורת פורסות ספקטרום</u>	048963
-------------------	-------------------------------------	--------

לא יינתן השנה

הקורס יעסוק ביסודות ובמגוון היבטים של מערכות תקשורת פורסות ספקטרום כאשר יושם דגש על חסינותם בפני הפרעות מסוגים שונים. פרקי הקורס העקריים הינם: מבוא וסקירה הסטורית של מערכות תקשורת פורסות ספקטרום, מושגים בסיסיים ומודלי מערכת, ניתוח חסינות וביצועים של מערכות מקודדות ולא מקודדות מסוג פריסת ספקטרום ישירה, דילוגי תדר, דילוגי זמן ומערכות מעורבות, שיטות גילוי קוהרנטיות ולא קוהרנטיות, החלטה קשה ורכה, ומקלט יחסי סף, השפעת דעיכות ערוץ על חסינות המערכות וביצועי המערכת, מבוא וניתוח בסיסי של מערכות מרובות משתמשים, מבוא למחוללי סדרות פסאדו אקראיות (סדרת פריסה או דילוג) ויסודות מערכות סינכרון ועקיבה (אופציונלי).

Will not be given the year

The Course Will Encompass the Fundamentals of Spread Spectrum Communication Systems with Emphasis on Their Interference Immunity. the Main Chapters Are: Introduction and Short Historical Overview of Spread Spectrum Communication Systems, Basic Concepts and System Models, General Analysis of Anti-Jam Uncoded and Coded Systems. Direct Sequence Spread Spectrum, Frequency Hopping, Time Hopping, Hybrid Systems. Coherent and Noncoherent Detection Methods, Hard and Soft Decisions, Ratio Threshold Detectors. Effect of Channel Fading on Systems Immunity and Performance. Introduction to and Basic Concepts of Multi User Spread-Spectrum Systems. Elements of Pseudonoise Generators (Spreading Or Hopping Sequences) and Fundamentals of Synchronization and Tracking Systems (Optional).

ה' 2
(2 נקודות)

הצגות משולבות ויישומיהן 1

048964

לא יינתן השנה

אנליזת פורייה - חזרה והרחבות. מרחבים לינאריים. אותות לא סטטציונריים ומערכות שאינן קבועות זמן. סיווג שיטות זמן-תדר. התמרת פורייה קצרת זמן (stft) רציפה ובדידה. ריצוף המישור תדר-זמן. התמרת wavelets רציפה והסקלוגרמה. התמרת wavelets בדידה ותורת המסגרות (frame theory). מסגרות wavelets ומסגרות גאבור. בסיס haar. בסיסי wavelets אורתונורמליים ו-multiresolution. פונקציות קרקטריסטיות שאינן אורתונורמליות spline-wavelets. רגולריות של בסיסי wavelets אורתונורמליים. מסנני subband והאלגוריתם של malat. בסיסי wavelets אורתונורמליים בעלי תחום תמיכה סופי. סימטריה של wavelets בעלי תחום תמיכה סופי. בסיסים ביאורתוגונליים ושיקולי סימטריה. הצגות אדפטיביות: ספריות בסיסים, בחירת בסיס אופטימלי ותהליכי החיפוש. הצגות אדפטיביות אינווריאנטיות להזזה. הצגות wavelets והצגות אדפטיביות דו-מימדיות.

Will not be given the year

Results from Fourier Analysis and the Theory of Linear Spaces. Non-Stationarity and Time-Varying Systems. Time-Frequency (T-F) Methods: a Classification. Continuous and Discrete Short-Time Fourier Transforms (Stft). Tiling of T-F Plane. the Continuous Wavelet-Transform and the Scalogram. Discrete Wavelet-Transform and Frame Theory. Wavelet and Gabor Frames. the Haar Basis. Orthonormal Wavelet Bases and Multiresolution. Relaxing the Orthogonality Constraint. Regularity of Orthonormal Wavelet Bases. Wavelets, Subband Filtering and Malat'S Algorithm. Orthonormal Bases with Compact Support. Symmetry and Bi-Orthogonal Wavelet Bases. Adaptive, Waveform Analysis: Base Libraries Search Procedures for An Optimal Basis. Adaptive, Shift-Invariant Decompositions. Two-Dimensional Wavelet Expansions.

048966	מעבדה במיקרואלקטרוניקה	מורי השטח	4 מ', (2 נקודות)
--------	-------------------------------	------------------	---------------------

מקצועות קדם:

לפחות שלושה מקצועות משרשרות המיקרואלקטרוניקה בלימודי הסמכה.

המעבדה מיועדת לסטודנטים המתעניינים בלימוד שטח במיקרואלקטרוניקה בלימודי המוסמכים ומבקשים לבצע פרויקטים בתחומי המיקרואלקטרוניקה. הפרוייקטים יבחרו מתוך התחומים הבאים: תכנון ו/או אפיון מעגל משולב אפיון התקנים אלקטרוניים ואלקטרואופטיים, תהליכים במיקרואלקטרוניקה.

048967	מעבדה לרשתות מחשבים	מורי השטח	4 מ', (2 נקודות)
--------	----------------------------	------------------	---------------------

מקצועות קדם:

046335 - תכן רשתות מחשבים

המעבדה מיועדת לסטודנטים המבקשים לבצע פרויקטים בתחום של רשתות מחשבים לאחר מקצוע הקדם ומקצועות אחרים (בלמודי הסמכה/מוסמכים), אשר יקבעו על פי הנושאים שיוצעו. הפרוייקטים יהיו הן בתחום של חמרה מיוחדת לרשתות מחשבים והן בתחום של חקר אלגוריתמים ותכנה לתקשורת מחשבים באמצעות הציוד שבמעבדה. המעבדה יכולה להוות שלב ראשון לגיבוש נושא מחקר בתחום.

048969	עיבוד אותות לא לינארי בעזרת שיטות גאומטריות		2ה', (2 נקודות)
--------	--	--	--------------------

לא יינתן השנה

מטרת הקורס הינה להקנות הבנה וביסוס מתמטי לבניית מודלים אינטרינסיים ועיבוד לא לינארי של אותות בעזרת שיטות גאומטריות. בקורס יוצגו גישות חדשניות לייצוג אותות שמרחיבות את אנליזה פורייה הקלאסית ומאפשרות פרמטריזציה מונחת תצפיות של אותות מתוך שיקולים גאומטריים אלו. בקורס יוצגו כלים מתחומים של אנליזה הורמונית, תורת הגרפים, גאומטריה דיפרנציאלית, סינון לא לינארי, ותהליכי דיפוזיה אקראיים. במהלך הקורס יוצגו אפליקציות לאנליזה של אותות ביו רפואיים, עיבוד אותות שמע ודיבור, ובניית מודלים למערכות דינמיות רבות ממדים.

תוצאות למידה

בסיום הקורס הסטודנט יהיה מסוגל:

1. להגדיר מושגי יסוד ובכללם "ייצוג אינטרינסי"
2. לנתח אותות ומערכות כמקריים פרטיים באופן אנליטי, ולבנות עבורם מטריקה אינטריסית, כולל הוכחת תכונותיה העיקריות.
3. ליישם ולממש ב baltam אלגוריתם לבניית מודל אינטרסי עבור אותות מדומים ומדידות אמת.

Will not be given the year

The Goal of This Course Is to Understand the Mathematical Foundation of Many Recent Methods for Interinsic Modeling and Geometry-Assisted Signal Processing. Novel Methods That Extend the Classical Fourier Analysis and Enable Natural Data-Driven Parameterization of Signals Without Prior Knowledge of Models. in Addition, Recent Nonlinear Filtering Methods Based on Data-Driven Geometric Models Will Be Presented. the Course Will Cover Topics from Harmonic Analysis, Graph Theory, Differential Geometry, Nonlinear Filtering, and Stochastic Diffusion Processes. Applications to Biomedical Signal Analysis, Audio and Speech Processing, and High Outcomes: at the End of the Course the Student Eill Be Able:

1. to Define Fundamental Terms, Including "Intrinsic Modeling"
2. to Analyze Special Cases of Signals and Systems Analytically, Build Intrinsic Metrics,

and Prove Their Main Properties

3. to Implement (in Matlab) An Algorithm for Building Intrinsic Models of Synthetic and Real Signals.

2 ה' (2 נקודות)	<u>נושאים מתקדמים בראייה, מבנה תמונות וראייה ממוחשבת 2</u>	048972
--------------------	---	---------------

לא יינתן השנה

קורס מתקדם בתחום מדעי התמונה והראייה העוסק בנושאי מחקר מתחום עיסוקו של המרצה.

4 מ' (2 נקודות)	<u>מורי השטח</u>	<u>מעבדה במערכות מקביליות</u>	048976
--------------------	-------------------------	--------------------------------------	---------------

מקצועות קדם:

046267 - מבנה מחשבים

046209 - מערכות הפעלה

המעבדה מיועדת לסטודנטים המבקשים לבצע פרויקטים בתחום מערכות ותת-מערכות של מחשבים בכלל, ומערכות מקביליות בפרט. מקצועות קדם נוספים ומקצועות צמודים (בלימודי הסמכה/מוסמכים) ייקבעו על פי הנושא. הפרוייקטים יהיו בתחומים של תכן מערכות מחשבים, יצירת כלי פיתוח למערכות מתקדמות, וכן חקר ביצועי מערכות ע"י מדידות וסימולציה. הפרוייקטים יכללו פיתוח חומרה ו/או תוכנה על פי הצורך, תוך שימת דגש מיוחד על ביצועים והגורמים להם. המעבדה יכולה להוות שלב ראשון בגיבוש נושא למחקר בתחום.

2 ה' (2 נקודות)	<u>ל.שכטר</u>	<u>מקורות קרינה מבוססים על אלומות אלקטרוניים</u>	048978
--------------------	----------------------	---	---------------

מקצוע קדם:

044148 - גלים ומערכות מפולגות

דינמיקה של אלקטרוניים (יצירתם והובלתם) אינטראקציה של אלקטרוניים עם גלים במשטר קומפוטון בהספק נמוך; אינטראקציה עם גלים מהירים ואיטיים. גלי מטען מרחבי. משטר קומפוטון בהספק גבוה. אפנון אלומה על ידי מהודים: הקלייסטרון. מבני גל איטי: דיאלקטרי ומחזורי; משפט Floquet. מגבר גל נע ומתנד גל חוזר. לייזר של אלקטרוניים חופשיים. גירטרון. מגניקון.

מקורות:

1. Liao, S.: "Microwave Electrton-Tube Devices", Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1988.
2. Gilmour, A. S., Jr., "Microwave Tubes". Artech House 1986. rec. 2105597.
3. "High Power Microwave Sources", Ed. By V.L. Granatstein and I. Alexeff, Artech House 1987. rec. 2105598.
4. Benford, J. and Swegle J.: "High Power Microwaves", Artech House, 1992. rec. 2159756.
5. Recent literature.

2 ה', (2 נקודות)	רמי אתר	נושאים מתקדמים בתהליכים אקראיים	048979
---------------------	----------------	--	---------------

נושא הקורס בשנת תשפ"ג: תהליכי דיפוזיה מוחזרים ומתגים

דרישות קדם: אותות אקראיים

מקצועות קדם/מקצוע זהה/מקצועות ללא זיכוי נוסף/דרישות צמידות

סילבוס בעברית (עד 50 מילים, ניתן להוסיף בנוסף נושאי לימוד)

המטרה של סמינר זה היא להקנות הבנה טובה בתפקיד התחום המתמטי של דיפוזיות מוחזרות באנליזה של מתגים, במיוחד ההתפתחות המתוארת במאמרים [1-3]. גישה אחרת המשתמשת בכלים אלה לאנליזה של מתגים [4] תכוסה אף היא, וכמו כן התפתחות חדשה בנושא של דיפוזיות בתחומים דמויי שן [5].

מקורות:

- [1] Kang, W. and R. J. Williams. "Diffusion approximation for an input-queued switch operating under a maximum weight matching policy." *Stochastic Systems* 2.2 (2012): 277-321.
- [2] Kang, W. and R. J. Williams. "An invariance principle for semimartingale reflecting Brownian motions in domains with piecewise smooth boundaries." *The Annals of Applied Probability* 17.2 (2007): 741-779.
- [3] Shah, D. and D. Wischik. "Switched networks with maximum weight policies: Fluid approximation and multiplicative state space collapse." *The Annals of Applied Probability* 22.1 (2012): 70-127.
- [4] Stolyar, A. L. "Maxweight scheduling in a generalized switch: State space collapse and workload minimization in heavy traffic." *The Annals of Applied Probability* 14.1 (2004): 1-53.
- [5] Costantini, C. and T. G. Kurtz. "Existence and uniqueness of reflecting diffusions in cusps." *Electronic Journal of Probability* 23 (2018).

תוצאות למידה: המשתתפים יפתחו מומחיות ברמה המתאימה לבצע מחקר בתחום.

הרכב הציון: הרצאה סמינריונית ועבודה (כ- 50% כ"א).

שם הקורס באנגלית: Reflected diffusions and switches

English syllabus:

The goal of this seminar is to get a good understanding of the role played by the mathematics of reflected diffusions in the analysis of switches, especially in the development around papers [1—3]. Another approach of using related tools for analysis of swithes [4] will also be covered, as well as recent mathematical progress is reflecting diffusions in cusps [5].

Learning Outcomes: The participants are expected to develop expertise at a level needed to do research in the field.

2 ה' (2 נקודות)	א.אורדע	תיכנון וניהול רשתות תקשורת לא שיתופיות	048980
--------------------	----------------	---	---------------

מקצועות קדם:

046335 - תכן רשתות מחשבים או אישור המרצה.

שיתוף ותחרות ברשתות גדולות ורחבות סרט: מוטיבציה ודוגמאות. מושגי יסוד בתורת המשחקים. משחקי בקרת זרימה, משחקי ניתוב, תחרות על רוחב סרט. תכנון רשתות לא-שיתופיות: הפרדוקס של בראס, תכנון טופולוגי והקצאת קיבולים, תכנון gateway. ניהול רשתות תקשורת לא-שיתופיות: אסטרטגיות סטקלברג, גביית אגרות.

מקורות:

Myerson, R. B. Game Theory: Analysis of Conflict. Harvard Univ. Press, 1991.s.n. 2151703

048982	<u>גילוי וספירה ברשתות מהירות</u>	2 ה' (2 נקודות)
--------	-----------------------------------	--------------------

לא יינתן השנה

תכנון וניתוח של גילוי וספירה ברשתות מהירות. גישה דטרמיניסטית. ספירה אקראית. ספירה קבוצתית. דגימה. גיבוב. מסנן בלום. צמת מונים. כוח הבחירה.

Will not be given the year

Design and Analysis of Detection and Counting Algorithms in High-Speed Networks. Deterministic Approach. Randomized Counting. Aggregate Counting. Sampling. Hashing. Bloom Filters. Counter Braids. Power of Choice.

048983	<u>אנליזה וזיהוי תוכן בתמונות וידאו</u>	2 ה' (2 נקודות)
--------	---	--------------------

לא יינתן השנה

נושאים: שיטות אנליזה והבנת תוכן של מידע וידאו באמצעות הגישות והאלגוריתמים המובילים בתחום. כגון, יישום שיטות ניווט אוטומטי של רכב או רובוט, סיכום ויזואלי של סרטוני וידאו, אפקטים ויזואליים בסרטים חיפוש במאגרי מידע ויזואליים (כגון you tube). זיהוי מאפיינים בוידאו, חישוב תנועה, מוזאיקות של וידאו, סינתזה של וידאו, זיהוי עצמים, זיהוי אנשים וזיהוי הפעולות שהם מבצעים.

will not be given the year

Methods for Analyzing and Interpreting the Contents of Video Data, by Reviewing Existing State-of-the-Art Approaches and Algorithms. the Methods Will Be Explored through Their Usage in Real-World Applications Such as Automatic Navigation of Vehicles Or Robots, Visual Summarization of Video Clips, Special Effects in Movies Or Search in Visual Data Bases Such as Youtube. Topics That Will Be Explored: Feature Detection in Video, Motion Estimation, Video Mosaics, Video Synthesis, Recognizing Objects, Detecting People and Action Recognition.

048984	<u>אפקטי רעש וסינכרון במתנדדים</u>	2 ה' (2 נקודות)
--------	------------------------------------	--------------------

לא יינתן השנה

מטרת הקורס הינה ליצור הבנה ובסיס מתמטי לניתוח רעשים, תופעות דינמיות וצימוד בין מתנדים. נושאי הקורס: סוגי רעש במתנדים ודרכים למדידתם, מודל Leeson לחישוב ספקטרום הרעש ורעש במתנדים בעלי השהיה. מודל van der pol מודלים לניתוח הדינמיקה של תנודה עצמית ולסינכרון מתנדים לכוח חיצוני, תחומי נעילה, אי יציבות. מודלים ותופעות דינמיות בסנכרון של שני מתנדים ויותר, צימוד חלש וחזק, תחומי נעילה, ביצועים של מערכות נעולות. מודל kuramoto לניתוח רשתות של מתנדים מצומדים. יובאו דוגמאות של מתנד אופטו אלקטרוני, המיצר אותות מיקרוגל בעלי רעש פאזה נמוך במיוחד ושל לייזרים.

תוצאות למידה

1. הבנה של רעש במתנדים. 2. הבנה של מודלים לניתוח תופעות דינמיות במתנדים.
3. הבנה של צימוד בין שני מתנדים.
4. הבנה של תופעות צימוד ברשתות של מתנדים מצומדים.

Will not be given the year

The Course Deals with Noise, Dynamic Effects, and Coupling Between Oscillators. the Course Covers Different Topics: Noise in Oscillators and Methods How to Measure It, Leeson Model, and Noise in Delay-Line Oscillators. Van Der Pol Model, Self Sustained Oscillators and Synchronization by External Force, Locking Range, and Instability. Models and Dynamic Effects in Coupling of Two and More Oscillators. Weak and Strong Coupling Regimes, Locking Range, and Performance of the Coupled Oscillators. Kuramoto Model for Studying Large Networks of Oscillators. Examples on Optoelectronic Oscillators That Generate Rf Signals with Ultra-Low Phase Noise Will Be Given.

1. Understanding of Noise in Oscillators.
2. Understanding of Models to Analyze Dynamic Effects in Oscillators.
3. Understanding of Coupling and Dynamic Effects in Oscillators.
4. Understanding of Coupling Effects and Models to Analyze Large Networks of Coupled Oscillators.

2 ה' (2 נקודות)	שיטות טופולוגיות בהנדסה, רשתות, ניתוח נתונים	048985
--------------------	---	---------------

לא יינתן השנה

מבוא לטופולוגיה אלגברית. כלים טופולוגיים חדשניים לניתוח נתונים גדולים ובעיות הנדסיות שונות. יישומים הנדסיים של כלים טופולוגיים בניתוח רשתות, עיבוד אותות, מערכות ביולוגיות ועוד. ניתוח הסתברותי-סטטיסטי של שיטות טופולוגיות.

תוצאות למידה

1. הסטודנט יכיר את הרעיונות הבסיסיים בטופולוגיה יישומית ואת דרכי השימוש בהם.
2. הסטודנט יהיה מסוגל ליישם את הכלים הנלמדים בבעיות הנדסיות.

Will not be given the year

Introduction to Algebraic Topology. Modern Topological Tools for Big Data Analysis and Various Engineering Problems. Applications of Topological Methods in Various Areas Such as Network Analysis, Signal Processing, Biological Systems, Etc. Probabilistic and Statistical Analysis of Topological Systems.

Learning Outcomes

1. the Student Will Get Familiar with the Fundamentals of Applied Topology Their Advantages and Applications in Engineering
2. the Student Will Be Able to Implement These Topological Methods.

2 ה' (2 נקודות)	שיטות ומודלים סטוכסטיים	048986
-----------------	--------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

מטרות הקורס הן להכיר מודלים מרכזיים בהנדסת חשמל בעלי אופי סטוכסטי, וכן כלים לניתוח הסתברותי, וכלים הסתברותיים אלגוריתמיים. הנושאים: מושגים בסיסיים בתורת התורים המרקוביים, פרופיל סטטיסטי של רוחב סרט, load balancing, חוג נעול פאזה ברעש לבן, shot noise. כלים אנליטיים: שרשרות רברסיביליות, משפט פרון-פרובניוס, קצבי התכנסות, טכניקת הצימוד, משפט קרמר לתנודות רחבות משיווי משקל, שימוש בפונ ליאפונוב לניתוח יציבות. כלים אלגוריתמיים: markov chain monte carlo, מניה מקורבת, סימולציה מדויקת, simulated annealing.

תוצאות למידה

בסיום הקורס הסטודנט יהיה מסוגל:
 1. להכיר מודלים מרכזיים בעלי אופי סטוכסטי.
 2. לשלוט בכלים האנליטיים והאלגוריתמיים.

Will not be given the year

The Course Introduces Central Models in Electrical Engineering of Stochastic Nature, Extends the Toolbox for Probabilistic Analysis and Exposes Algorithmic Probabilistic Tools. Topics: Basics of Markovian Queueing Theory, Effective Statistical Bandwidth, Load Balancing, Phase Locked Loop in White Noise, Shot Noise. Analytical Tools: Reversible Chains, Perron-Frobenius Theorem, Rates to Ergodicity, the Coupling Method, Cramer'S Theorem on Large Deviations, Lyapunov Functions in Stability Analysis. Algorithmic Tools: Maekov Chain Monte Carlo, Approximate Counting, Exact Simulation, Simulated Annealing.

Learning Outcomes

The Student Will Learn About Central Stochastic Models and Gain Control Over Relevant Analytic and Algorithmic Tools.

2 נקודות	נושאים מתקדמים באנרגיה 1	048987
----------	---------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

הקורס ידון בנושאים מתקדמים בתחומי המחקר המתקדמים של נושא האנרגיה הרלבנטיים להנדסת חשמל. סמסטר א' תשע"ח: דינאמיקה ובקרה של מערכות הספק מודרניות. סמסטר ב' תשע"ט: דינאמיקה ובקרה של מערכות הספק מודרניות.

Will not be given the year

The Course Will Survey the Main Topics in Energy for Electrical Engineering.

2 נקודות	דינאמיקה ובקרה של מערכות הספק מודרניות	048989
----------	---	---------------

מקצועות קדם:

(קורס בסיסי בבקרה יכול לעזור, אבל הרקע הנדרש בבקרה יועבר במהלך הקורס)

מערכות הספק כוללות כיום עומסים מורכבים ומקורות אנרגיה קטנים ומתחדשים, אשר יוצרים דינאמיקה מורכבת. שני אתגרים מרכזיים בהתפתחות מערכות הספק מודרניות הם הבנה של תופעות דינאמיות מורכבות בקנה מידה גדול, והיכולת לתכנן שיטות בקרה יעילות. בקורס זה נציג כלים לניתוח הדינאמיקה של מקורות אנרגיה ושל מערכות הספק. לקורס שלושה חלקים מרכזיים: הקירוב הקוואזי-סטטי ומגבלותיו, השימוש בהתמרת dq0, והשימוש בבקרה מבוזרת במערכות הספק. הסטודנטים יתנסו בניתוח ובתכנון בעזרת תוכנת Simulink.

רשימת נושאים:

1. דינאמיקה של מערכות הספק – הקירוב הקוואזי-סטטי
2. פאזורים משתנים בזמן
3. התמרת dq0 ושימושיה במערכות הספק
4. ייצוג דינאמי של אלמנטים פאסיביים ורשתות
5. ייצוג דינאמי של מקורות אנרגיה ועומסים
6. בקרה של מקורות הספק קלאסיים, ומקורות מתחדשים
7. בקרה מבוזרת במערכות הספק
8. הכרות עם כלים נומריים לניתוח ותכנון

תוצאות למידה: הסטודנט יכיר שיטות מודרניות לניתוח הדינאמיקה של מקורות אנרגיה מגוונים ושל מערכות הספק גדולות, וידע להפעיל כלים נומריים לביצוע אנליזה ותכן.

מקורות:

1. P. W. Sauer, M. A. Pai, Power System Dynamics and Stability, University of Illinois at Urbana-Champaign

Topic: Dynamics and Control of Modern Power Systems

Prerequisites:

044195 – An Introduction to Power Systems and Smart Grids

(Background in control may help but is not required. Necessary results from control theory are provided as part of the course material)

Outline: Modern power systems include complex loads and small distributed energy sources that give rise to complex dynamic behavior. Two main challenges in power systems today are to analyze large-scale dynamic phenomena, and to design efficient controllers. This course presents core techniques for analyzing the dynamics of energy sources and power systems. It is divided to three main parts: the quasi-static approximation and its limitations, the dq0 transformation, and applications of distributed control techniques in power systems. Students will learn how to analyze systems and design specific controllers using Matlab-Simulink.

List of Topics:

1. Power system dynamics – the quasi-static approximation
2. Time-varying phasors
3. The dq0 transformation and its applications in power systems
4. Dynamic models of passive components and networks
5. Dynamic models of energy sources and loads
6. Control of energy sources – classic and renewables
7. Distributed control in power systems
8. Numeric tools for analysis and design

Learning Outcomes: The student will become familiar with techniques for analyzing the dynamics of various energy sources and large-scale power systems, and will learn how to use numeric tools to perform analysis and design.

Textbooks:

1. P. W. Sauer, M. A. Pai, Power System Dynamics and Stability, University of Illinois at Urbana-Champaign

(3 נקודות)	<u>חברי הסגל</u>	<u>סמינריון 1</u>	048990
------------	-------------------------	--------------------------	---------------

במסגרת מקצוע זה יוכל הסטודנט לבצע פרויקט לשם מילוי חלקי של הדרישות לתואר "מגיסטר בהנדסת חשמל" (מסטר ללא תיזה). במסגרת זו יעשו פרויקטים כגון: סקירת ספרות מקפת, סימולציות בהיקף גדול, כתיבת תכנה מתאימה.

Within the Framework of This Course, the Students Can Undertake a Project Which Comprises Either a Literature Search and/Or Suitable Simulations and/Or Appropriate Computer Programming, and/Or Laboratory Project Implementation. the Project Can Serve as a Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of Master If Electrical Engineering (I.E. the Non-Thesis Master Program).

(3 נקודות)	<u>חברי הסגל</u>	<u>סמינריון 2</u>	048991
------------	-------------------------	--------------------------	---------------

במסגרת מקצוע זה יוכל הסטודנט לבצע פרויקט לשם מילוי חלקי של הדרישות לתואר "מגיסטר בהנדסת חשמל" (מסטר ללא תיזה). במסגרת זו יעשו פרויקטים כגון: סקירת ספרות מקפת, סימולציות בהיקף גדול, כתיבת תכנה מתאימה.

Within the Framework of This Course, the Students Can Undertake a Project Which Comprises Either a Literature Search and/Or Suitable Simulations and/Or Appropriate Computer Programming, and/Or Laboratory Project Implementation. the Project Can Serve as a Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of Master If Electrical Engineering (I.E. the Non-Thesis Master Program).

2 ה' (2 נקודות)	<u>שיטות אופטימיזציה בקומפילרים</u>	048993
--------------------	--	---------------

לא יינתן השנה

1. אופטימיזציות מקומיות.
2. בניית גרף בקרת זרימת התוכנית ושימושיו.
3. אופטימיזציות על לולאות.
4. global data flow analysis.
5. שיטות תזמון הפקודות מקומיות וגלובליות.
6. שיטות ל- software pipelining.
7. הקצאת אוגרים גלובלית.
8. טכניקות לנצול זכרון מטמון מסוג instruction - data.
9. שיטות memory disambiguation.

Will not be given the year

1. Control Flow Analysis of Programs.
2. Global Data Flow Analysis.
3. Loop-Level and Global Optimization.
4. Local and Global Register Allocation Techniques.
5. Basic Block and Global Instruction Scheduling.
6. Interprocedural Optimization.
7. Memory Disambiguation Analysis.
8. Instruction and Data Cache Optimization.
9. Automatic Parallelization Techniques.

2 ה' (2 נקודות)	<u>זיהוי תבניות</u>	048995
--------------------	----------------------------	---------------

לא יינתן השנה

גישות מתקדמות לזיהוי תבניות תוך שימת דגש על בסיס עיוני מוצק ואלגוריתמים מתקדמים. הנושאים: תורת ההחלטות הסטטיסטית, סיווג פרמטרי ואפרמטרי, הערכת ביצועים - חסמים ושיטות נומריות, חילוץ מאפיינים, למידה מפוקחת ולא מפוקחת

Will not be given the year

Modern Approaches to Statistical Pattern Recognition, Emphasizing a Solid Theoretical Foundation and Advanced Algorithms. Topics: Statistical Decision Theory, Parametric and Nonparametric Classification, Performance Assessment - Bounds and Numerical

2 ה' (2 נקודות)	<u>גלים במבנים מחזוריים</u>	048996
--------------------	------------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

מבנים מחזוריים בתחום גלי המיקרו, האופטיקה ומערכות קוונטיות. מבנים מחזוריים פתוחים וסגורים. בעיות פיזור והתפשטות. פונקציות גרין. תופעות מעבר. מבנים דו-ותלת-מימדיים. מערכות בעלות מספר סופי של תאים זהים. קרינה של אלקטרונים הנעים במבנים מחזוריים.

Will not be given the year

Periodic Structures in Microwave, Optical and Quantum Systems. Open and Closed Periodic Structures. Scattering and Propagation Problems. Green'S Function. Transients. Two and Three Dimensional Structures. Systems of Finite Number of Identical Cells. Radiation from Electrons Moving in Periodic Structures.

ה' 2
(2 נקודות)

ויזואליזציה ואנימציה 049003

לא יינתן השנה

שחזור משטחים, תאים תלת-מימדיים, ויזואליזציה מדעית, אנימציה של אלגוריתמים, ציור גרפים, ויזואליזציה של מידע, נושאים בגיאומטריה חישובית ושימושיהם באנימציה, תכנון מסלול, גילוי התנגשויות, מטה-מורפוזיס, חלוקת משטחים, אנימציה של פנים.

Will not be given the year

Surface Reconstruction, Volume Visualization (Voxels), Scientific Visualization, Algorithm Animation, Graph Drawing, Information Visualization, Topics in Computational Geometry and Their Uses in Animation, Path Planning, Collision Detection, Metamorphosis, Surface Decomposition, Facial Animation.

ה' 2
(2 נקודות)

למידה ע"י חיזוקים ובקרה מסתגלת 049004

לא יינתן השנה

הקורס מציג טכניקות ללימוד אסטרטגיות פעולה אופטימליות במערכות דינמיות, מורכבות, תוך התמקדות באלגוריתמים שפותחו לאחרונה בתחומים של בינה מלאכותית ולמידה ממוחשבת. נושאי הלימוד: בעיות החלטה חד-שלביות. מבוא לתכנות דינמי. בקרה אדפטיבית של תהליכים מרקוביים לימוד על ידי חיזוק - אלגוריתמי q-learning ו- λ (td) קרוב בעזרת רשתות ניירונים. שימושים בעזרת רובוטיקה, רשתות תקשורת ומשחקי לוח

Will not be given the year

In Complex Dynamical Systems, Focusing on Algorithms That Were Recently Developed in the Fields of Artificial Intelligence and Single-Stage Decision Problems Dynamic Programming Adaptive Control of Markov Decision Processes Neural Networks for Value Function Approximation . Applications in Robotics, Communication Networks and Board Games.

049005	<u>מעבדה לנושאי בקרה</u>	<u>מורי השטח</u>	4 מ', (2 נקודות)
--------	--------------------------	------------------	---------------------

הערה: ההרשמה למעבדה דורשת אישור מוקדם של האחראי על המעבדה.

דרישות קדם:

יקבעו באופן אינדיווידואלי לכל נרשם.

המעבדה מיועדת לסטודנטים המבקשים לבצע פרויקטים בתחום הבקרה, לאחר מקצועות הקדם ומקצועות אחרים (בלימודי הסמכה/מוסמכים), אשר יקבעו על פי הנושאים שיוצעו. הפרוייקטים יהיו בסימולציות וממושים של אלגוריתמים בנושאי בקרה מתקדמים, באמצעות הציוד שבמעבדה. המעבדה יכולה להוות שלב ראשון לגיבוש נושא מחקר בתחום.

049006	<u>מעבדה לגלים אלקטרומגנטיים</u>	<u>מורי השטח</u>	4 מ' (2 נקודות)
--------	----------------------------------	------------------	--------------------

מקצועות קדם

044148 – גלים ומערכות מפולגות

המעבדה מיועדת לסטודנטים המעוניינים לבצע פרויקטים בתחום השדות או הגלים האלקטרומגנטיים. הפרוייקטים יהיו בנושא תכנון, מימוש ומדידה של התקנים שונים; המדידות תהיינה במישור התדר או במישור הזמן. קיימת אפשרות לבצע פרויקטים נומריים באמצעות תוכנה קיימת. העבודה במעבדה עשויה להוות שלב ראשון בגיבוש נושא מחקר לקראת תואר גבוה.

049010	<u>קריפטוגרפיה: תאוריה ויישום</u>	2 ה' (2 נקודות)
--------	-----------------------------------	--------------------

לא יינתן השנה

היסודות העיוניים של הקריפטוגרפיה המודרנית ותכנון כלים קריפטוגרפיים לפתרון של בעיות אבטחת מידע. הנושאים ייבחרו מתחומי הקריפטוגרפיה כגון, יסודות ההצפנה ומרחבים פסאודו-אקראיים, פונקציות אימות, פרוטוקולי אפס ידיעה, קריפטוגרפיה מבוזרת ויישומים באבטחת מידע ורשתות תקשורת.

Will not be given the year

Selected Topics in the Theoretical Foundations of Cryptography and the Design of Practical Schemes Used in Information Security Applications.
Particular Topics May Include: the Study of Formal Foundations of Encryption and Pseudorandomness, Authentication Algorithms, Zero- Knowledge Protocols, Distributed Cryptography and Applications to Network Security.

049011	<u>נושאים מתקדמים במחשוב 2</u>	<u>ע. קידר</u>	2 ה' (2 נקודות)
--------	--------------------------------	----------------	--------------------

לא יינתן השנה

קורס מתקדם בנושאים שונים הקשורים בתכנון ויישום מערכות חישוב. הקורס ישים גם כבסיס למשתלמים המעוניינים לבצע עבודת מגיסטר או דוקטור בתחום.

נושא הקורס בתשפ"ב: נושאים בחישוב מקבילי ומבוזר

דרישות קדם:

046272 – מערכות מבוזרות: עקרונות או

046001 – הנדסת מערכות תוכנה מבוזרות או

046273 – תכנות פונקציונלי מבוזר או

236357 – אלגוריתמים מבוזרים א' או

236755 – אלגוריתמים מבוזרים ב' או

236351 – מערכות מבוזרות

הקורס יעסוק בנושאים מתקדמים במערכות מבוזרות ומקביליות ומאמרים חדשים מהספרות בתחום. בסמסטר הנוכחי נדגיש שני כוונים עיקריים –

1. אבסטרקציות וניהול זיכרון במערכות מקביליות

2. הסכמה ביזנטית

הסילבוס יורכב כרשימת מאמרים, להלן רשימה טנטטיבית:

The Splay-List: A Distribution-Adaptive Concurrent Skip-List
Efficient Multi-Word Compare and Swap
LL/SC and Atomic Copy: Constant Time, Space Efficient Implementations Using Only Pointer-Width CAS
Efficient Algorithms for Persistent Transactional Memory
Constant-Time Snapshots with Applications to Concurrent Data Structures
OrcGC: Automatic Lock-Free Memory Reclamation
Efficiently Reclaiming Memory in Concurrent Search Data Structures While Bounding Wasted Memory
NBR: Neutralization Based Reclamation
Improved Extension Protocols for Byzantine Broadcast and Agreement
Dumbo-MVBA: Optimal Multi-Valued Validated Asynchronous Byzantine Agreement, Revisited
Scalable Byzantine Reliable Broadcast
Asynchronous Distributed Key Generation for Computationally-Secure Randomness, Consensus, and Threshold Signatures.

מטלות:

קריאת מאמרים, הגשת כ 10 דוח"ות סיכום ושיפוט על מאמרים, הצגה מקיפה של מאמר אחד, כולל רקע מהספרות.

מקורות:

מאמרים מהספרות.

תוצאות למידה:

הסטודנטים יחשפו לחזית המחקר בתחום המערכות המבוזרות ונושאים הנחקרים היום. בנוסף, הם יתרגלו קריאה ביקורתית, ילמדו למה מצפים במאמר מחקרי מוביל, ואיך להבין ולהציג את התרומה של מאמר בתוך ההקשר הרחב של עבודות בתחום.

The course will cover advanced topics in distributed and parallel systems and new research papers in the field. The course will emphasize persistent memory (NVRAM) and parallel algorithms that access it, as well as Byzantine Agreement and its applications in blockchains. The emphasis will be on critical reading of academic papers.

2 ה' (2 נקודות)	נושאים מתקדמים בהסתברות ותהליכים אקראיים 2	049014
-----------------	---	--------

לא יינתן השנה

סקירת ההתפתחויות בתורת ההסתברות ובתהליכים אקראיים בשנים האחרונות.

Will not be given the year

Review of Updated Developments in Probability Theory and Random Processes.

2 ה' (2 נקודות)	עיבוד אותות וידאו	049015
-----------------	--------------------------	--------

לא יינתן השנה

ייצוג אותות וידאו, אנליזת תדר ודגימה של אותות וידאו, מודלים של מצלמה ותנועה, שערך תנועה וקיצוזה, סינון בציר הזמן להפחתת רעש ואינטרפולציה בין-תמונות, קידוד אותות וידאו בתחום הזמן-מרחב ובתחום ההתמרה, קידוד היברידי, עיבוד וידאו מקודד, עמידות לשגיאות ערוץ, קידוד וידאו מבוזר.

Will not be given the year

Video Representation, Frequency Domain Analysis and Sampling of Video Signals, Video Camera and Motion Models, Temporal Filtering for Noise Removal and Inter-Picture Interpolation, Video Coding in Temporal, Spatial, and Transform Domains. Hybrid Coding, Coded Video Processing, Error Resilience, Distributed Video Coding.

2 ה' (2 נקודות)	תכן ומודלים של מיקרומערכות אלקטרומכניות (MEMS)	049016
-----------------	---	--------

לא יינתן השנה

מודלים של מיקרומערכות בתחומים הבאים: מכני (סטטי ודינמי), תרמי, אלקטרואופטי, פלואידי, אלקטרוסטטי ומגנטי. מודלים לרעש ב: mems: (רעש חשמלי) גונסון גנרציה-רקומבינציה, $f, ktc/1$, תרמו-מכני וטמפרטורה. שיטות נומריות ו: memscad: שימוש בשיטת אלמנטים סופיים ובחבילות תוכנה מסחריות. דוגמאות ל: mems: מצלמת, cmos ir חישנים אינרציליים, מיקרומערכות של חישנים כימים וביוולוגים. סיכום דרישות מערכתיות לביצועים ומדדי ביצועים.

Will not be given the year

Modeling of Mems in the Following Domains: Mechanical (Statics and Dynamics), Thermal, Electro-Optical, Fluidics, Electrostatics and Magnetostatics. Modeling of Noise in Mems: Electrical Noise-Jhonson, G-R, 1/F, Ktc, Thermal-Mechanical Noise and Temperature Noise. Numerical Methods and Mems Modeling by Memscad: Fem, Commercial Packages Such as Memscad. Case Studies of Mems: Cmos Ir Camera, Inertial Sensors, Chemical and Bio-Medical Microsystems. Summary of System Performance Requirements and Figures of Merits.

2 ה' + 1 ת', (3 נקודות)	נושאים מתקדמים במחשוב 3	049017
----------------------------	--------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

קורס מתקדם בנושאים שונים הקשורים בתכנון ויישום מערכות חישוב. נושאי הקורס יכולים להוות בסיס לעבודות מחקר בתחום. סמסטר א' תשע"ח: נושאים מתקדמים בחומרה. סמסטר א' תש"ף: נושאים מתקדמים באבטחת מערכות חומרה - מתאוריה להתנסות.

Will not be given the year

Advanced Course Dealing with a Variety of Topics in Design and Implementation of Computing Systems.

2 ה' (2 נקודות)	מ.זילברשטיין	נושאים במערכות מחשבים: ארכיטקטורות תוכנה-חומרה מתקדמות	048080
--------------------	---------------------	---	---------------

נושא הקורס בתשפ"ג: מערכות הפעלה וחומרה אמינה

מקצועות קדם:

046209 - מבנה מערכות הפעלה וגם 046210 - מעבדה במערכות הפעלה או
234123 - מערכות הפעלה
046267 - מבנה מחשבים או 236267 - מבנה מחשבים ספרתיים

סילבוס בעברית:

בקורס נתמקד בנושאים עכשוויים של במנגנונים חדשים בחומרה המבטיחים חישוב בטוח ופרטי, ובניית מערכות הפעלה שמנצלות חומרה זו ומערכות שמגנות מפני התקפות צד. הקורס יתבסס על המאמרים החשובים ביותר בתחום, וכן עבודות עכשויות עם דגש מיוחד על מערכות חומרה ותוכנה שמגנות מפני תוקפים חזקים.

מקורות:

מאמרים מהספרות.

תוצאות למידה:

הסטודנט:

1. ייחשף לנושאים ושיטות מחקר במערכות מחשבים
2. ייחשף לעקרונות של חומרה בטוחה.

שם הקורס באנגלית: Topics in Secure Hardware and Operating Systems:

English Syllabus:

The course surveys main research topics on the hardware and software mechanisms that provide secure execution (specifically, Trusted Execution Environments), and Operating System design that leverages these mechanisms, as well as systems that protect against side channel attacks. It covers both classic papers and recent developments, with a special emphasis on software and hardware systems that protect against strong adversary.

Learning Outcomes:

The student

1. Will be exposed to the methods and important topics in systems research.
2. Will be exposed to Principles of secure hardware

2ה' (2 נקודות)	<u>פענוח רך של קודים לינאריים</u>	049020
-------------------	--	---------------

לא יינתן השנה

צופני בלוק: מטריצה יוצרת, חלוקה לקוסטים, מרחקי הקוד, צופני reed muller פענוח רך וקשה. דיאגרמת טרליס לקודי בלוק לינאריים: מרחב המצבים, תכונות מבניות, סימון המצבים. סיבוכיות, מינימליות. חיתוך למקטעים. (trellis sectionalization) בניית צופני בלוק: בניית צופנים מורכבים בעזרת צופנים פשוטים. צופני קונבולוציה: יצוג על ידי מטריצה יוצרת, שיטות לטרמינציה. פענוח למזעור הסתברות שגיאה למילת קוד: אלגוריתם ויטרבי, פענוח דיפרנציאלי, פענוח רקורסיבי לקודי בלוק. פענוח למזעור הסתברות שגיאה לסיבית: אלגוריתם map, sova. צופני מכפלה (product codes) (פענוח איטרטיבי. מבוא לקודי טורבו וטורבו בלוק ldpc ופענוח איטרטיבי של קודים אלו. שילוב צפינה ואפנון. (tcm) צופני סריג ותכונותיהם.

Will not be given the year

Linear Block Codes: Generator Matrix, Minimum Distance and Weight Distribution, Decoding - Hard and Soft Decision, Reed Muller Codes, Trellis Representation of Linear Block Codes, Bit Level Trellises for Binary Linear Codes, State Space Formulation, Structural Properties, Trellis Complexity, State Complexity, Minimal Trellises, Trellis Structure of Cyclic Codes, Methods for Constructing Codes and Trellises. Trellises for Convolutional Codes and Their Related Linear Block Codes. the Viterbi and Differential Trellis Decoding Algorithms, Iterative Decoding: the Map and Sova Algorithms, Low Density Parity Check Codes, Modulation Codes: Trellis Coded Modulation, Lattice Codes.

2ה' (2 נקודות)	<u>רשתות תורים</u>	049021
-------------------	---------------------------	---------------

הקורס הוחלף בקורס מספר 046021.

2ה' (2 נקודות)	<u>נושאים מתקדמים באלקטרואופטיקה 3</u>	049022
-------------------	---	---------------

לא יינתן השנה

קורס מתקדם באלקטרואופטיקה העוסק בנושאי מחקר מתחומי של המרצה. סמסטר אי' תש"ף: אלקטרודינמיקה קוונטית מאקרוסקופית ויישומיה באינטראקציות אור-חומר ואלקטרואופטיקה.

Will not be given the year

Advanced Course in Electro-Optics. the Topics Will Be Chosen by the Lecturer.

ה' 2 (2 נקודות)	תקשורת סלולרית ואלחוטית	049023
--------------------	--------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

דגש הקורס יהיה על physical interface של מערכות תקשורת סלולרית ואלחוטית. נושאי הקורס: מבוא לתקשורת סלולרית, ערוץ עם דעיכות, שיטות שונות (diversity techniques) במרחב (mimo, blast) בזמן ובתדר: שיטת גישה למערכות מרובות משתמשים (fdma, tdma) ובמיוחד דגש על (wcdma), cdma, ofdm-ממשק הרדיו (radio interface) של דור ראשון, שני ושלישי של מערכות סלולריות עם מבט לעתיד - דור רביעי. uwb, ofdm.

Will not be given the year

The Emphasis in the Course Will Be on the Radio (Or Physical Interface) of Digital Cellular and Wireless Communication Systems. Main Topics of the Course: Introduction to Cellular and Wireless Communications, Multipath Fading Channel, Diversity Techniques - Antenna (Mimo, Blast), Time and Frequency. Multiple Access Techniques- Fdma, Tdma and a Special Emphasis on Cdma, Wcdma and Ofdm. Radio Interface of First, Second and Third Generation Cellular and Broadband Wireless Systems. a Look to the Future - Fourth Generation, Ofdm, Uwb.

ה' 2 (2 נקודות)	התפשטות הבזקי אור בסיבים ובתווכים בעלי פיזור גבוה.	049024
--------------------	---	---------------

לא יינתן השנה

פיתוח, המבוסס על תורת המידה של משוואת שרדינגר הלא ליניארית בייצוגה הווקטורית, לניתוח התפשטות הבזקי אור בסיב. הצגת פתרונות של המשוואה לניתוח מערכות לתקשורת אופטית ולייזרי סיב. מבוא לסוליטונים אופטיים ולתורת הפיזור ההפוך. ניתוח של התפשטות הבזקי אור קצרים בתווכים אופטיים בעלי פיזור גבוה, המבוסס על משוואת הטרנספורט ומשוואת הדיפוזיה. מערכות למיפוי אופטי של רקמות ביולוגיות לצרכים רפואיים.

Will not be given the year

Derivation of the Vectorial Nonlinear Schrodinger Equation, Based on the Multiple Scale Method, for Analyzing the Propagation of Short Pulses in Fibers. Solutions of the Equation for Analyzing Optical Communication Systems and Fiber Lasers. An Introduction to Soliton Theory and Inverse Scattering Theory. Analysis of Short Pulse Propagation in Highly Scattering Media, Based on the Transport and the Diffusion Equation. Techniques for Optical Interrogation of Biological Tissues for Medical Applications.

ה' 2 (2 נקודות)	י. מוזס	ידע ומשחקים במערכות מבוזרות	049026
--------------------	----------------	------------------------------------	---------------

מקצועות קדם מומלצים: 044268- מבוא למבני נתונים ואלגוריתמים א
234247- אלגוריתמים 1, או דומה
או/ 234293- לוגיקה ותורת הקבוצות למ"מ או,
106156- לוגיקה מתמטית, או דומה

מקצוע דומה: 049017 – נושאים מתקדמים במיחשוב 3 שניתן בתשס"ב, או אישור המרצה

קורס זה מציג את תורת הידע במערכות מבוזרות וידגים את שימושיה בתכן וניתוח תכניות מחשב מבוזרות ומשחקים מרובי משתתפים. הכרת נושאים כגון לוגיקה מתמטית, ו/או אלגוריתמים מהווה יתרון. הנושאים הנלמדים יכללו: סמנטיקה של עולמות אפשריים, מידול מערכות מבוזרות, לוגיקות מודליות של ידע וזמן, ידע של סוכן יחיד, ידע משותף ומצבי ידע קבוצתיים אחרים, ידע במשחקים, שימושים בתכן וניתוח תכניות מחשב מבוזרות ומשחקים.

מקורות:

Reasoning about knowledge. Fagin R. et al. MIT Press, 2003. s.n. 2260116, s.n. 2195667.
Hintikka, J. Knowledge and belief: An introduction to the logic of the two notions. Cornell University Press, 1962. s.n. 2103268.

זמיר, ש., משלר, מ., סולן, א. תורת המשחקים. מאגנס, תשס"ח 2008. מ.מ. 2299306.
חפץ, א., גוגנהימר, י. חשיבה אסטרטגית: תורת המשחקים ושימושיה בכלכלה ובניהול. אוניברסיטה הפתוחה, תשס"ח, 2008. מ.מ. 2296800.

2ה' (2 נקודות)	<u>תורת האינפורמציה למערכות מרובות משתמשים</u>	049027
-------------------	---	---------------

לא יינתן השנה

ערוץ גאוסי וקטורי ומשפטי water pouring ערוץ גאוסי מוגבל סרט. ערוץ משתמש יחיד התלוי במצב אקראי. קיבול עם מידע צד. הצגת המודלים הבסיסיים של ערוצים מרובי משתמשים. תחום קיבול ומשפט קידוד לערוץ מרובה גישות. ערוץ גאוסי מרובה גישות. מודל כללי לערוץ הפצה (broadcast channel). (degraded) תחום קיבול ומשפט קידוד. ערוץ הפצה למקורות מתואמים (slepian-wolf) קידוד מקור עם עיוות ומידע צד. בעית wyner-ziv אופציונלי: דואליות בין בעיות קידוד עם מידע צד וקידוד מקור עם מידע צד.

Will not be given the year

Basic Results on Single-User Channel Coding. the Gaussian Channel. Vector Gaussian Channel and Water Pouring. Band Limited Gaussian Channel. Single-User Channels That Depend on Random States. Capacity with Side Information. the Basic Multi-User Channel Models. Coding Theorem and the Capacity Region of the Multiple Access Channel (Mac). the Gaussian Mac. the General Broadcast Channel. the Degraded Broadcast Channel (Dbc). the Gaussian Broadcast Channel. Overview of Basic Results on Single-User Source Coding. Lossless Coding for Correlated Sources (Slepian-Wolf). Lossy Source Coding with Side Information. the Wyner-Ziv Problem. Optional: Duality Between Channel Coding and Source Coding with Side Information.

2ה' (2 נקודות)	<u>עיבוד תמונות מורפולוגי</u>	049028
-------------------	--------------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

מורפולוגיה מתמטית - הגדרות ומוטיבציה, מורפולוגיה בינרית (תיאוריה ושימושים), הרחבה לרמות אפור (תיאוריה ושימושים), יישום, אופרטורים קשירים, סינון מורפולוגי, ייצוג מורפולוגי של תמונות, סגמנטציה בעזרת אלגוריתמי ה watershed - מורפולוגיה בסריגים שלמים, היבטים מתקדמים.

Will not be given the year

Mathematical Morphology - Definitions and Motivation, Binary Morphology (Theory and Applications), Generalization to Grayscale (Theory and Applications), Implementation, Connected Operators, Morphological Filtering, Morphological Image Representation, Segmentation Using the Watershed Algorithm, Morphology of Complete Lattices, Advanced Topics.

ה'2 (2 נקודות)	סמינריון בעיבוד אותות ותקשורת	049029
-------------------	--------------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

סקירת אלגוריתמים שונים לאופטימיזציה בעיבוד אותות ותקשורת מהספרות המדעית. בעיות דקונבולוציה, הפרדת מקורות בצורה עוורת, חסמים על שגיאות שערוד, משווי ערוץ בזמן ובתדר, כולל משוונים עוורים ותקשורת קוונטית

Will not be given the year

Survey of Algorithms for Optimization in Signal Processing and Communications That Have Been Published in the Current Professional Literature. Topics Will Include Blind Deconvolution, Blind Source Separation, Bounds on Error in Parameter Estimation, Channel, Equalization in Time and Frequency Including Blind Equalization and Quantum Communication.

ה'2 (2 נקודות)	י. בירק	נושאים במערכות אחסון	049030
-------------------	----------------	-----------------------------	---------------

מקצוע קדם:

044334 – מבוא לרשתות מחשבים (או מקצוע דומה)

046209 – מבנה מערכות הפעלה (או מקצוע דומה)

046267 – מבנה מחשבים (או מקצוע דומה)

מקצוע דומה:

048750 – נושאים מתקדמים בתכנון מחשבים 1- שניתן בתשס"ג, תשס"ד

המקצוע יעסוק במערכות אחסון מתקדמות ועתירות תקשורת, במטרה להקנות לסטודנט יכולת לחשיבה ביקורתית בתחום ואף לקידומו בהמשך הדרך. במקצוע ידונו ארכיטקטורות של מערכות אחסון מודרניות מבוססות רשת (SAN, NAS, Object Store) וכן מערכות ופרוטוקולי תקשורת רלבנטיים (iSCSI, Fibre Channel Architecture, ו- Infiniband). כמו-כן יבחן הקשר בין צרכי פונקציות אחסון עיקריות והארכיטקטורות השונות.

מקורות:

1. Clark, T. IP SANs: A Guide to iSCSI, iFCP, and FCIP Protocols for Storage Area Networks. Addison-Wesley, 2002. s.n. 2242516.
2. Hufferd, J. L. iSCSI: The Universal Storage Connection. Addison Wesley, 2003. s.n. 2258399

ה'2 (2 נקודות)	מודלים ואופטימיזציה של קווי חיבור ב-VLSI	049031
-------------------	---	---------------

לא יינתן השנה

החשיבות הגוברת של החיבורים במערכות vlsi בעקבות התפתחות הטכנולוגיה, מבחינת מהירות, הספק, רעש, שטח ומאמץ התכנון. מגבלות הנובעות מרשתות-חיבורים בשבבים. שיקולים בתכנון vlsi להספק נמוך. בזבוז הספק הנובע מקווי חיבור. מודלים לחישוב שיהיו בקווים ובעצי-חיבור. תכונות מודל elmore לשיהוי. שימוש בחוצצים לאופטימיזציה של מהירות בקווים ובעצי חיבורים. חישובים וקירובים של רעש ספרתי וצימוד בין קוים ברמת השבב. אנליזה סטטית של שיהוי ושל רעש במסלולים

לוגיים. ניתוב אוטומטי: מינימיזציה של אורך קוים, מסלולים והשהיות. השראות קווי חיבור בשבבים. הפצת אותות שעון. אספקת מתחים. רשת תקשורת על שבב.

Will not be given the year

The Growing Importance of Interconnect Due to Technology Advancement, in Terms of Speed, Power, Noise, Area and Design Effort. Limitations of on- Chip Interconnects. Low Power Vlsi Design . Interconnect Power. Delay Models for Interconnect Lines and Trees. Properties of the Elmore Delay Model. Repeater Insertion for Speed Optimization in Interconnect Lines and Trees. Calculation and Approximation of Digital Crosstalk Noise at the Chip Level. Static Analysis of Delay and Noise in Logical Paths. Routing for Minimal Wire- Length, Path- Length, Or Path Delay. Interconnect Inductance. Clock Distribution Networks. Power Distribution Networks. Networks of Chip.

ה'2 (2 נקודות)	<u>נושאים מתקדמים בתקשורת ואינפורמציה 4</u>	049032
-------------------	--	---------------

לא יינתן השנה

התפתחויות בתחום התקשורת מההיבט של תורת האינפורמציה ותורת התקשורת הסטטיסטית.

Will not be given the year

Updated Developments in the Communication Field from the Aspects of Information Theory and Statistical Communication Theory.

ה'2 (2 נקודות)	<u>שיטות דגימה מוכללות</u>	049033
-------------------	-----------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

מרחבי הילברט, מכפלות פנימיות, טרנספורמציות לינאריות, בסיסי ריס (riesz bases), הטלות אורתוגונליות ומלוכסנות (oblique projections) תורת המסגרות (frame theory). הצגת אותות במרחבי הילברט כללים, שחזור אופטימלי של אותות במרחבים כלליים, שחזור עקבי של אות ממדידות נתונות, דגימת יתר באמצעות מסגרות מלוכסנות (oblique frames). שיטות אינטרפולציה אופטימליות. הצגה גאומטרית של הדגימה והשחזור באמצעות הטלות מלוכסנות.

Will not be given the year

Hilbert Spaces, Inner Products, Linear Transformations, Riesz Bases, Orthogonal and Oblique Projections, Frame Theory. Signal Representations in General Hilbert Spaces, Optimal Reconstruction of Signals in General Spaces. Consistent Reconstruction of a Signal from Given Measurements, Over- Sampling Using Oblique Frames. Optimal Interpolation Methods. Geometric Representation of Sampling and Reconstruction Using Oblique Projections.

ה'2 (2 נקודות)	<u>מערכות דימות לראייה ממוחשבת</u>	049034
-------------------	---	---------------

לא יינתן השנה

הנושאים : האפקטים הפיזיקליים המתרחשים בסצינה ובמערכת ההדמייה, חיישנים ואלגוריתמים לניתוח תמונות המסייעים לראייה ממוחשבת וראייה אנושית. כלים מתקדמים לעיבוד תמונות והשלכותיהם. ראייה כלל-כיוונית, תחום דינאמי וקיוז חוסר לינאריות של מצלמות, מיזוג תמונות (image fusion), תרומתם של רצפי-וידאו ומוזיאקות של תמונות, הדמייה מולטי-ספקטרלית, ראייה בתנאי תאורה כלליים ולא ידועים, ראייה דרך תווך מפזר, ניצול האופי הגלי של האור, מיקרוסקופיה אופטית, עקיבה.

Will not be given the year

Topics: Physical Effects Happening in the Scene and in the Imaging System. Imaging Sensors and Image Analysis Algorithms That Help Computer and Human Vision, Advanced Image Processing Tools for the Imaging Communities. Omnidirectional Vision, High-Dynamic-Range and Compensation for Camera Nonlinearities, Image Fusion, Contribution of Video Sequences and Image Mosaics, Multispectral Imaging, Vision in General and Unknown Lighting, Imaging through Scattering Media, Exploitation of the Wave-Nature of Light, Optical Microscopy, Tracking.

049035	<u>עיבוד אותות דיבור בסביבה רועשת</u>	2 ה' (2 נקודות)
--------	---------------------------------------	-----------------

לא יינתן השנה

יצירה והבנה של דיבור, עיבוד דיבור בחלונות זמן, אנליזה וסינתזה בזמן-תדר, התמרת wavelet אנליזה רב-רזולוציות, מודיפיקציה בזמן-סקלה, שיערוך תדר-יסודי, שיערוך פורמנטים, מודל החיזוי הלינארי, שיפור אות דיבור בתנאי רעש, הפחתה ספקטראלית, שיחזור איטרטיבי, עיבוד מבוסס מודל, שיערוך אמפליטודה ספקטראלית, שיערוך ספקטרום רעש, תופעת המיסוך במערכת השמיעה, מדדי איכות של דיבור, מערך מיקרופונים, סינון רעש מסתגל, (anc) עיבוד מרחבי, (beamforming) סינון רעש במערך מיקרופונים, הפרדת מקורות. (bss)

Will not be given the year

Speech Production and Perception, Short- Term Processing of Speech, Short- Time Fourier Analysis/ Synthesis, Wavelet Transform, Multiresolution Analysis, Time- Scale Modification, Pitch and Formant Estimation, Linear Prediction Analysis, All- Pole Modeling, Speech Enhancement, Spectral Subtraction, Iterative Enhancement, Model Based Processing, Optimal Spectral Magnitude Estimation, Noise Spectrum Estimation, Auditory Masking, Speech Quality Assessment, Microphone Arrays, Adaptive Noise Canceling, Beamforming, Post- Filtering Techniques, Blind Source Separation.

049036	<u>נושאים מתקדמים ב-VLSI 1</u>	ר. גינוסר / ל. יביץ 2 ה' (2 נקודות)
--------	--------------------------------	--

לא יינתן השנה.

הקורס דן בנושאים מתקדמים במבנה, תכנון וניתוח של מערכות VLSI. הקורס ישים כבסיס למשתלמים המעוניינים לבצע עבודת מגיסטר או דוקטור.

049037	<u>נושאים מתקדמים ב-VLSI 2</u>	2 ה' (2 נקודות)
--------	--------------------------------	-----------------

לא יינתן השנה

נושאים מתקדמים במבנה, תכנון וניתוח של מערכות vlsi. הקורס ישים כבסיס למשתלמים המעוניינים לבצע עבודת מגיסטר או דוקטור.

Will not be given the year

Advanced Topics in Design and Analysis of Vlsi Systems. the Course Will Also Serve as a Basis for Students Interested in Carrying Out Thesis Research in the Field.

ה'2 (2 נקודות)	קודי גרף ואלגוריתמי פענוח איטרטיביים	049040
-------------------	---	---------------

לא יינתן השנה

נושאים: תיאור קודי- גרף מסוג ldpc ו ra- בתקשורת מקודדת. ניתוח קודי ldpc בערוץ מחיקה בינארי. ניתוח ביצועים מול סיבוכיות הקידוד ופענוח קודי ldpc וקודי ra בערוץ מחיקה. אלגוריתמי פענוח איטרטיביים מסוג העברת הודעות (message- passing) ואלגוריתם sum- product. ניתוח קודי ldpc בערוצים בינאריים, סימטריים וחסרי זכרון ופיתוח משוואות. density evolution אלגוריתם bcjr ופענוח איטרטיבי מסוג map של קודי טורבו. עקומות exit לבחינת קצב ההתכנסות של אלגוריתם פענוח איטרטיבי factor graphs. ושימושיהם לפיתוח אלגוריתמי פענוח איטרטיביים בתקשורת ספרתית.

Will not be given the year

Topics: Coded Communications Ldpc and Ra Codes. Asymptotic Anlysis of Ldpc Ensembles on the Binary Erasure Channel. Performance Vs. Complexity of Ldpc and Ra Codes on the Binary Erasure Channel. Iterative Message-Passing Decoding Algorithms and the Sum-Product Algorithm. Asymptotic Analysis of Ldpc Ensembles on Binary-Input Output - Symmetric Memoryless Channels and the Derivation of Density Evolution Equations. the Bcjr Algorithm and Log-Map Iterative Decoding of Turbo Codes. Exit Charts for the Examination of the Convergence Behavior of Iterative Decoding Algorithms. Facotr Graphs and Their General Applpications in Digital Communications.

ה'2 (2 נקודות)	רשתות עצביות ביולוגיות : עיבוד מידע, חישוביות ולמידה	049041
-------------------	---	---------------

הוחלף בקורס: 046041- רשתות עצביות ביולוגיות: עיבוד מידע ולמידה.

ה'2 (2 נקודות)	מעגלים פוטוניים מתקדמים	049042
-------------------	--------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

הבסיס הפיסיקלי והכלים המתמטיים להבנה ולתכנון מעגלים פוטוניים הממומשים כשבבים אופטיים. נושאים: סקירת תחום השבבים האופטיים ויישומיהם והבסיס הפיסיקלי לגלי- שטח אופטיים. אופני מבנים להולכת גלים אופטיים (במיוחד בתווכים מורכבים ומבנים ננו-פוטוניים). האלמנטים הבסיסיים של השבבים האופטיים (כגון, מצמדים ומתגים אופטיים, מבנים מחזוריים המשולבים במוליכי גל, אלמנטים לסינון וניתוב פוטוני). פלסמוניקה- הולכת אור במבנים ננו מתכתיים

Will not be given the year

The Physical Foundation and the Mathematical Tools for the Comprehension and Design of Photonics Circuits on An Optical Chip. Topics: Overview of Optical Chips and Application - the Physical Foundation of Optical Surface Waves. the Modes of Optical Structures Based

on Complex Media and Especially Nano-Sized. Basic Photonic Circuit Elements (Including Optical Couplers, Switcher, Periodic Structures, Filtering and Routing Elements). Plasmonics - Light Guiding in Nano - Metallic Structures.

ה'2 (2 נקודות)	<u>דחיסת מידע אוניברסלית</u>	049043
-------------------	-------------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

לאורך משתנה, $(f-v)$ ומאורך משתנה לאורך קבוע, $(v-f)$ מודלים הסתברותיים למקורות אינפורמציה בעלי זיכרון, צפינה אוניברסלית למחלקות של מקורות הסתברותיים, אלגוריתם למפל-זיו, יישומים של צפינה אוניברסלית לבעיות שונות.

Will not be given the year

Basic Concepts and Elementary Results in Lossless Compression, Fixed- to- Variable (F-V) and Variable- to- Fixed (V- F) Length Coding Techniques, Probabilistic Models for Information Sources with Memory, Universal Coding for Probabilistic Sources, the Lempel-Ziv Algorithm, Applications of Universal Coding to Various Problems.

ה'2 (2 נקודות)	<u>דחיסת מידע עם עיוותים</u>	049044
-------------------	-------------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

בסיסיות של פונקצית קצב-עוות, יצוגים חלופיים לפונקצית קצב-עוות, אלגוריתם. arimoto- blahut. פונקצית קצב-עוות למקורות עם זיכרון: המקור הגאוס, חסמים על פונקצית קצב-עוות, קוונטיזציה וקטורית, השפעת מידע צד, קידוד פרוגרסיבי, מערכי שגיאה בדחיסה עם עוותים, מקודדים סיבתיים לדחיסת מידע, טכניקות קידוד ברזולוציה גבוהה.

Will not be given the year

Basic Concepts and Fundamental Results in Information Theory, Basic Properties of the Rate- Distortion Function, Alternative Representations of the Rate- Distortion Function, the Arimoto- Blahut Algorithm, the Rate- Distortion Function for Sources with Memory, the Gaussian Source, Bounds on the Rate- Distortion Function, Vector Quantization, the Effect of Side Information, Progressive (Scalable) Coding, Error Exponents in Source Coding, Casual, Source Coding, High- Resolution Source Coding Techniques.

ה'2 (2 נקודות)	<u>ארכיטקטורות נתבים</u>	049045
-------------------	---------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

ה'2 (2 נקודות)	<u>מבוא לאלקטרוניקה מולקולרית</u>	049047
-------------------	--	---------------

לא יינתן השנה

שימושי האלקטרוניקה המולקולרית, תורת לנדאוואר, מחסום שוטקי, הולכה חשמלית דרך מולקולה בודדת, נקודות קוונטיות ומחסום קולומב, מערכות אלקטרו-מכאניות בסקלה ננומטרית, צינוריות פחמן-תכונות אופטיות, חשמליות ומכאניות ושימושים

Will not be given the year

Applications to Molecular Electronics, Landauer Theory, Schottky Barrier, Electrical Transport through Single Molecule, Quantum Dots and Coulomb Blockade, Nano- Electro-Mechanical Systems, Carbon Nanotubes- Electrical, Mechanical and Optical Properties and Their Applications.

2 ה' (2 נקודות)	<u>גישות מידול ושיטות חישוביות בתורת הגלים</u>	049049
-----------------	---	---------------

לא יינתן השנה

ניסוח בעיות באמצעות משוואות אינטגרליות, במישור הזמן והתדר. היבטי יחידות, הפתרון והבטחתו בעזרת ניסוחים אלטרנטיביים. פיזור מגופים סגורים ופתוחים העשויים ממוליך מושלם. פיזור מגופים דיאלטריים המוגנים ולא- המוגנים. מעבר דרך מפתחים. פיזור ממבנים מחזוריים וסריגים פוטוניים. ניתוח אופני התפשטות במובילי גלים מתכתיים ודיאלקטריים. שיטת המומנטים. שיטת המקורות הפיקטיביים. התכנסות ויציבות הפתרון הנומרי. היבטי סיבוכיות וגישות להאצת פתרונות. שיטות פרטורבציה. שיטות קירוב ואריאציוניות

Will not be given the year

Integral Equation Formulations in Electromagnetics. Issues of Solution Uniqueness. Scattering by Perfect Electric Conductors, Open and Closed. Scattering by Homogeneous and Inhomogeneous Dielectric Bodies. Electromagnetic Transmission through Apertures. Scattering by Periodic Structures and Photonic Crystals. Modal Field Determination in Metallic and Dielectric Waveguides. the Method of Moments. the Fictitious Source Model Technique. Convergence and Stability. Various Aspects of Problem Complexity and Fast Solution Methods. Perturbation and Variational Techniques.

2 ה' (2 נקודות)	<u>נושאים מתקדמים בנוו אלקטרוניקה 1</u>	049050
-----------------	--	---------------

לא יינתן השנה

נושאים מתקדמים בנוו אלקטרוניקה מתחום עיסוקו של המרצה. סילבוס מפורט יקבע ע"י המרצה והוועדה ללימודי מוסמכים לפני הסמסטר בו יינתן הקורס. סמסטר א' תשע"ט: מערכות הפעלה נמוכות תקורה. סמסטר ב' תשע"ט: פיזור אנרגיה בהתקנים אלקטרוניים. סמסטר ב' תש"ף: ננו אופטו-אלקטרוניקה אינטגרטיבית עם חומרים דו-ממדים

Will not be given the year

Topics in Nano-Electronics, to Be Determined According to the Research Interests of the Teacher. a Detailed Outline Will Be Provided by the Teacher and the Graduate Studies Committee Prior to the Semester in Which the Course Is Taught.

2 ה' (2 נקודות)	<u>נושאים מתקדמים בגרפיקה ממוחשבת</u>	049051
-----------------	--	---------------

לא יינתן השנה

קורס סמינריני שיעסוק בנושאים מתקדמים בתחום הגרפיקה הממוחשבת. סילבוס מפורט יקבע ע"י המרצה והוועדה ללימודי מוסמכים לפני הסמסטר בו יינתן הקורס.

Will not be given the year

A Seminar That Will Address Advanced Topics in the Area of Computer Graphics. a Detailed Outline Will Be Provided by the Lecturer and the Graduate Studies Committee Prior to the Semester in Which the Course Is Given.

049052 אופטו-אלקטרוניקה קוואנטית 2 ה', 1 ת'
(3 נקודות)

הוחלף בקורס:

046052 - אופטו-אלקטרוניקה קוואנטית.

049053 מעבדה בלמידה חישובית מורי השטח 4 מ'
(2 נקודות)

מקצועות קדם:

046195- מערכות לומדות

המעבדה מיועדת לסטודנטים המבקשים לערוך פרויקטים בעלי זיקה ללמידה חישובית וישומיה בתחומים כגון, עיבוד שפה טבעית, זיהוי בתחומים כגון אודיו ותמונות ולמידה מחוזקת. הפרוייקטים יערכו בהדרכת חבר סגל בכיר. עריכת פרויקט במעבדה עשויה להוות שלב ראשון בגיבוש נושא מחקר בתחום הלמידה.

אנא פנו לחבר סגל בתחום

מקורות:

1. Mitchell, T.M. Machine learning. Mcgraw-hill,1997.
2. Alpaydin, E. Introduction to machine learning. MIT Press.2004.
3. Duda. Hart and stork, pattern classification. Wiley. 2001.
4. Bishop, C. Pattern recognition and machine learning. Springer. 2007.
5. Hastie. The elements of statistical learning. Springer. 2001.

049054 פיסיקה סטטיסטית ותורת האינפורמציה 2 ה'
(2 נקודות)

לא יינתן השנה

פיסיקה סטטיסטית בסיסית והקשר בינה לבין מדדי אינפורמציה : כלים אנליטיים ושיטות אסימפטוטיות בפיסיקה סטטיסטית-שיטת נקודת האוכף, שימוש בהתמרות הפוכות, שיטת הרפליקות : מערכות מרובות חלקיקים עם אינטראקציות ומעברי פאזה : אנלוגיות במערכות תקשורת מקודדות : מודל האנרגיות האקראיות ומעברי פאזה במערכות מקודדות : מעריכי שגיאה מנקודת ראות של פיסיקה סטטיסטית : נושאים אופציונאליים נוספים.

Will not be given the year

Elementary Statistical Physics and Its Relation to Information Measures: Analytical Tools and Asymptotic Methods in Statistical Physics-the Saddle-Point Method, Inverse Transforms, the Replica Methods: Many-Particle Systems with Interactions and Phase Transitions: Analogies in Coded Communication Systems: the Random Energy Model

(Rem) and Phase Transitions in Coded Systems: Error Exponents from the Statistical Physics Perspective: Additional Optional Topics.

ה' 2 (2 נקודות)	<u>ג. ברטל</u>	<u>ננו-פוטוניקה</u>	<u>049055</u>
--------------------	----------------	---------------------	---------------

הוחלף בקורס

046055 - ננו-פוטוניקה ומטא-חומרים אופטיים

ה' 2 (2 נקודות)	<u>א.טל</u>	<u>נושאים בראייה ממוחשבת: ניתוח צורה</u>	<u>049056</u>
--------------------	-------------	--	---------------

מקצועות דומים:

049051 - נושאים מתקדמים בגרפיקה ממוחשבת.

נלמד מאמרים עכשוויים בתחום של ניתוח צורה בתלת-מימד – רשימת המאמרים תעודכן כל שנה.

רשימת הנושאים:

דמיון, סגמנטציה, חילוץ האזורים החשובים, הבנת אוספי צורות, השלמת צורה, מציאת עקומות מאפיינות וכו'.

מקורות:

מאמרים מהספרות.

ה' 2 (2 נקודות)		<u>תכן זכרונות בלתי-נדיפים משולבים</u>	<u>049057</u>
--------------------	--	--	---------------

לא יינתן השנה

עקרונות ושיקולי תכנון של מעגלי זכרון בלתי נדיפים משולבים. תכונות פיסיקליות של התקני זכרון בסיסיים בטכנולוגיות שונות, מבנה אבני הבניין הבסיסיות של הזכרון וניתוחן. מעגלים ואלגוריתמים לקריאה ולכתיבה, שיקולי תכן לצפיפות אחסון, אמינות, ביצועים וצריכת הספק. עקרון תא מרובה, רמות, טכניקות לתיקון שגיאות ושיקולים מערכתיים וארכיטקטוניים

Will not be given the year

Principles and Design Considerations of High-Density Non-Volatile Memory Devices. Physical Properties of Basic Memory Elements in Different Technologies, the Structure of Memory Building Blocks and Their Analysis. Circuits and Algorithms for Read and Write, Design Consideration for Density, Reliability, Performance and Power Consumption. the Multi Level Cell (MLC) Principle, Techniques for Error Correction, and High Level System and Architecture Consideration.

ה' 2 (2 נקודות)		<u>למידה ממוחשבת לבעיות מורכבות</u>	<u>049058</u>
--------------------	--	-------------------------------------	---------------

לא יינתן השנה

תאוריה ואלגוריתמים של בעיות מורכבות ומעשיות בלמידה ממוחשבת (כגון סווג מסמכים, זיהוי דיבור ותיגו שמות ישויות). כלים מתקדמים לבעיות למידה מרובות מחלקות ובעלות מבנה, העתקת-למידה ולמידה של מספר בעיות במקביל, וכן למידה מודרכת למחצה ולמידה עם דגימה סלקטיבית.

Will not be given the year

Theory and Algorithms for Complex Real-World Problems, in Machine

לא יינתן השנה

הצגות, איזומורפיזם, מבנה של גרפים, עצים, זרימה, חיבוריות, גרפים 3-חיבוריים. גרפים טרנזיטיביים: טרנזיטיביות בקדקודים, טרנזיטיביות בקשתות, מסלולי ומחזורי המילטון, טרנספוזיציה. גרפים ומטריצות: שכנות ומפגש, ווקטורים עצמיים, דרגה, גרפים סימטריים. גרפים מישוריים: עקומי גיורדן, דואליות, נוסחת אוילר, גשרים, זהוי מישוריות, בעית ארבעת הצבעים. השיטה ההסתברותית: גרפים אקראיים, תוחלת, שונות, התפתחות גרפים אקראיים. צביעת גרפים: צביעת קודקודים, המספר הכרומטי, גרפים מושלמים, צביעת מפות, צביעת צלעות. התאמות: התאמות מקסימליות, גרפים דו צדדיים, התאמה מושלמת, אלגוריתמי התאמה.

Will not be given the year

Introduction: Representations, Isomorphism, Graph Structures, Trees, Flows, Connectivity, Transitivity, 3-Connected Graphs. Transitive Graphs: Vertex Transitivity, Edge Transitivity, Hamiltonian Paths and Cycles, Transposition. Graphs and Matrices: Adjacency and Incidence, Eigenvectors, Ranks, Symmetric Graphs. Planar Graphs: Jordan Curve, Duality, Euler Formula, Bridges, Planarity Recognition, the Four Color Problem. the Probabilistic Method: Random Graphs, Expectation, Variance, Evolution of Random Graphs. Graph Coloring: Vertex Coloring, the Chromatic Number, Perfect Graphs, Map Coloring, Edge Coloring. Matching: Maximum Matching, Bipartite Graphs, Perfect Matching, Matching Algorithms.

לא יינתן השנה

מערכות של רשתות תקשורת. נושאי מחקר מתקדמים במערכות של רשתות, כגון מרכזי מידע, רשתות ענן, רשתות אלחוטיות/סלולריות, רשתות חיישנים, ופרוטוקולים מתקדמים של שכבות ה networks ו transport.

תוצאות למידה

בסיום הקורס הסטודנט

1. ירכוש הבנה של יסודות מחקר במערכות של רשתות.

2. יכיר ספרות עדכנית.

3. ירכוש מיומנויות הרצאה מדעית.

Will not be given the year

Networking Systems Research. Current Topics in Networking Systems, Such as Data Centers, Cloud Networks, Wireless/Cellular Networks, Sensor Networks, and Advanced Network/Transport Layer Protocols.

Learning Outcomes

At the End of the Course the Student

1. Acquire Understanding of the Fundamentals of Networking Systems Research.

2. Familiar with Current Literature.

3. Acquire Technical Presentation Skills.

049061	צפני קיטוב	ע. טל	ה'2 (2 נקודות)
--------	-------------------	--------------	-------------------

מקצוע צמד/מקצוע קדם:

046733 - תורת האינפורמציה.

צפני קיטוב הינם משפחה חדשה של קודים מתקני שגיאות. הם משיגים קיבול ערוץ, מפורשים (אין צורך לבחור צופן מתוך צבר) ובעלי אלגוריתמי הצפנה ופענוח יעילים. בקורס נלמד על קיטוב ערוץ, פענוח ביטול עוקב, אקספוננטי שגיאה, אלגוריתמי בניית קודים, הרחבות למטריצת הקיטוב המקורית, דחיסה בעזרת קיטוב ונושאים נוספים ככל שיותיר הזמן.

מקורות:

- [1] E. Arikan, "Channel polarization: A method for constructing capacity-achieving codes for symmetric binary-input memoryless channels," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 55, pp. 3051-3073, 2009.
- [2] E. Arikan and E. Telatar, "On the rate of channel polarization," in Proc. IEEE Int'l Symp. Inform. Theory (ISIT'2009), Seoul, South Korea, 2009, pp. 1493-1495.
- [3] E. Sasoglu, "Polarization and polar codes," in Found. and Trends in Commun. and Inform. Theory, vol. 8, no. 4, 2012, pp. 259-381.
- [4] I. Tal and A. Vardy, "How to construct polar codes," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 59, pp. 6562-6582, 2013.

תוצאות למידה:

הסטודנט יוכל לתכנן, להצפין ולפענח קוד קיטוב.

Polar Codes

שם באנגלית:

סילבוס באנגלית:

Polar codes are a new family of error correcting codes. They are capacity achieving, explicit (there is no ensemble to pick a code from), and have efficient encoding and decoding algorithms. We will study the following topics: channel polarization, successive cancellation decoding, error exponents, code construction algorithms, generalizations of the original polarizing matrix, compression via polarization, and related subjects as time permits.

Learning outcomes:

The student will be able to design, encode, and decode a polar code.

מקצועות קדם מומלצים:

046200 – עיבוד וניתוח תמונות או
 236873 – ראייה ממוחשבת או
 114210 – אופטיקה או בהתייעצות עם המרצה

מקצוע דומה:

048972 – נושאים מתקדמים בראייה ממוחשבת 2- שניתן בתשע"ג ובתשע"ד.

הקורס מכסה גישות פיזיקליות למיפוי תלת מימדי של עצמים וסצינות, בעיקר על ידי אור. הגישות מבוססות על: טריאנגולציה גאומטרית, עומק שדה, תאורה מובנית, קוהרנטיות, פיזור, ניתוח של עקיפת אור, הצללה, צל, קיטוב, הנדסה של מפתחים, פלוארוסנציה, זמן החזרה, וטומוגרפיה. הסצנות פורשות קני מידה: מיקרוסקופיים, מאקרוסקופיים ועד אסטרונומיים. בנוסף, הקורס סוקר גישות לתצוגה תלת ממדית.

מקורות:

מאמרים נבחרים

תוצאות למידה

בעקבות הקורס, הסטודנטים

1. יכירו עקרונות וגישות פאסיביות ואקטיביות למדידת מרחקי עצמים
2. יכירו עקרונות וגישות פאסיביות ואקטיביות למדידת שיפועים וצורות תלת ממדיים
3. יכירו עקרונות וגישות חישה לגופים נפחיים המעבירים קרינה (כגון טומוגרפיה)
4. יכירו עקרונות וגישות ליצירת אשליות אופטיות המנוצלות לתצוגה תלת-ממדית
5. יבינו את מגבלות ויתרונות הגישות השונות

Three-Dimensional Imaging and Reconstruction

The course covers physical approaches for three dimensional mapping of objects and scenes, mainly by light. The approaches are based on triangulation, depth of field, structured light, coherence, scattering, diffraction analysis, shading, shadows, polarization, aperture engineering, fluorescence, time of flight and tomography. The scenes span scales: microscopic, through macroscopic, to astronomic. In addition, the course reviews approaches for three-dimensional display.

References:

Selected papers

learning outcomes:

Following the course, the students will

- 1) Know principles and approaches for passive and active measurements of object range.
- 2) Know principles and approaches for passive and active measurements of object slopes (gradients) and three dimensional shapes.
- 3) Know principles and approaches for sensing volumetric objects (e.g., tomography).
- 4) Know principles and approaches for creating visual effects exploited for three-dimensional display.
- 5) Understand the limitations and advantages of the different approaches.

מקצועות קדם:

044268- מבוא למבני נתונים ואלגוריתמים (או קורס דומה)

046267- מבנה מחשבים- (פטור אפשרי באישור המרצה)

מקצוע דומה:

048864- נושאים מתקדמים במערכות מחשוב 2 שניתן בשנת תשע"ב ותשע"ג.

סילבוס:

1. בעיות קומבינטוריות ואלגוריתמיות באחסון מידע
 - א. אלגוריתמי גישה: תורי פקודות ואופטימיזציה של מיקום ראש הקריאה/כתיבה
 - ב. השמה מאולצת של מידע
2. טיפול אנליטי במערכות תרגום כתובות
 - א. מודלים קומבינטוריים
 - ב. אופטימיזציה לשחיקה אחידה
 - ג. אלגוריתמי גרפים להשמה מקובצת
3. יצוג מידע לגישה יעילה
 - א. זכרונות כתיבה יחידה
 - ב. קידוד מרובה כתיבות
4. אמינות מידע
 - א. מודלי שגיאות
 - ב. יסודות קודים לתיקון שגיאות
 - ג. שגיאות חד-כיווניות
 - ד. קודי מערך
 - ה. אמינות מערכות אחסון
5. בעיות פתוחות
 - א. תאוריה קומבינטורית
 - ב. בעיות אלגוריתמיות
6. משימות הלימוד: הצגת מאמרים, פרויקטי סיום או בחינה – יוחלט בהתאם למספר נרשמים.

מקורות:

מאמרים ופרקים נבחרים.

Memory Systems, B. Jacob, S. Ng, D. Wang, Morgan Kaufmann Publishers, 1st edition (2007)

תוצאות למידה:

בסיום מוצלח של הקורס הסטודנט יכיר את הטכניקות האלגוריתמיות והאנליטיות המאפשרות תכן של התקני אחסון מודרניים, לרבות זכרונות לא נדיפים ומערכות אחסון מרובות משתמשים. שילוב של מודלים מתמטיים ומשימות מימוש יעניק סט כלים מקיף המאפשר תרומות מחקריות עמוקות ואפקטיביות.

שם הקורס באנגלית: Information in Storage Devices

Syllabus :

1. Algorithmic problems related to data access
 - a. Command queues and rotational-position optimization
 - b. Constrained data placement
2. Analytical treatment of indirection systems
 - a. Combinatorial modeling of indirection systems
 - b. Optimal wear leveling
 - c. Data placement via graph algorithms
3. Data representation - Coding data for optimized access
 - a. Write Once Memories
 - b. Re-write codes
4. Data reliability
 - a. Errors, faults and their models
 - b. Basic elements in combinatorial and algebraic coding theory
 - c. Asymmetric and unidirectional errors
 - d. Array codes for storage systems
 - e. Reliability analysis of coded storage systems
5. Open problems
 - a. Combinatorial theory problems
 - b. Algorithmic problems
6. Student participation: paper presentations, student projects and/or final exam: to be decided based on class size.

Learning outcomes:

Upon successful completion of the course, the student will know the algorithmic and analytical techniques that enable the design of modern storage devices, including non-volatile memories and large-scale storage systems. A combination of mathematical models and implementation assignments will provide a comprehensive set of tools laying the foundation for deep and effective research contributions in the area of data storage.

דרישות קדם:

מקצועות קדם 046200 – עיבוד וניתוח תמונות

סילבוס בעברית

עקרונות במינימיזציה אנרגיה קמורה ולא קמורה. דיפוזיה לא לינארית (פרונה-מאליק) ולא איזוטרופית (וייקרט). אבולוציה של קוי מתאר אקטיבים לסגמנטציה. שיטות נומריות למימוש משוואות דיפרנציאליות חלקיות. Total variation denoising. פונקציונלים מסדר גבוה. אבולוציה של יריעות. אופרטורים ואנרגיות לא לוקאלים. יישומים – הורדת רעש, דקונבולוציה, חידוד תמונה, סגמנטציה, optical flow, רגיסטרציה.

מקורות:

1. G. Aubert and P. Kornprobst. *Mathematical problems in image processing: partial differential equations and the calculus of variations*. Vol. 147. Springer Science & Business Media, 2006.
2. T. Chan and J. Shen. *Image processing and analysis: variational, PDE, wavelet, and stochastic methods*. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2005.
3. J. Weickert. *Anisotropic diffusion in image processing*. Vol. 1. Stuttgart: Teubner, 1998.
4. Recent research papers.

תוצאות למידה:

בסיום הקורס הסטודנט:

1. יהיה מסוגל להשתמש בידע מתמטי ולהשתמש בכלים של אופטימיזציה קמורה.
2. יהיה בעל יכולת לממש נומרית קוד הפותר משוואות דיפרנציאליות חלקיות לא לינאריות.
3. יכיר אלגוריתמים בעיבוד תמונה.

הרכב הציון: 50% עבודת בית, 50% פרויקט סופי.

שם הקורס באנגלית: Variational methods in image processing

English syllabus:

Basic principles in energy minimization methods (convex and non-convex). Nonlinear diffusion (Perona-Malik) and anisotropic diffusion (Weickert). Contour evolutions using level sets. Active-contours segmentation. Numerical implementation of nonlinear PDE's. Total variation denoising. Higher order functionals. Evolution of manifolds – Beltrami flow. Nonlocal operators and energies. Applications – denoising, deconvolution, image-enhancement, segmentation, optical-flow, image-registration.

Learning Outcomes:

1. Be able to use mathematical knowledge and will be familiar with convex optimization tools.

2. Be able to implement code for numerical solvers of nonlinear partial differential equations.

know advanced image processing algorithms which are based on these methods

108324	<u>יסודות האנליזה המודרנית להנדסת חשמל</u>	<u>נ. וולנסקי</u>	2ה', 1ת' (2.5 נקודות)
--------	--	-------------------	--------------------------

מקצועות קדם:

104004 - חדו"א 2

מושגים מתורת הקבוצות. קבוצות קומפקטיות, פרפקטיות וקשירות. מרחבים מטריים. סדרות וטורים במרחבים מטריים. השלמה של מרחב מטרי. רציפות, קומפקטיות וקשירות. אינטגרל רימן – סטילטס. מידת לבג, אינטגרל לבג ומשפטי התכנסות. משפט Ascoli-Arzela ומשפט סטון – וירשטראס.

מקורות:

1. Rudin, W.: "Principles of Mathematical Analysis". 3rd ed., McGraw-Hill, 1976, 1986, 1989. rec. 214679.
2. Dieudonne, J.: "Foundations of Modern Analysis". Academic Press, 1960. rec. 210664.

108327	<u>אנליזה פונקציונלית להנדסת חשמל</u>	<u>ב. סולל</u>	2ה', 1ת' (2.5 נקודות)
--------	---------------------------------------	----------------	--------------------------

מרחב מטרי. מרחב הילברט. אופרטור לינארי. אופרטור צמוד. אלמנטים של תורה ספקטרלית. במרחבי הילברט. שימושים.

מקורות:

1. Vulikh, B.Z.: "Introduction to Functional Analysis for Scientists and Technologists". Pergamon Press, 1963. rec. 33605.
2. Liusternik, L. and Sobolev, V.J.: "Elements of Functional Analysis". Gordon and Breach, 1968. rec. 213393.
3. Bachman, G. and Narici, L.: "Functional Analysis". Academic Press. 1966. rec. 209816.