

המרכז הרפואי שיבא
תל השומר

המגמה לביולוגיה חישובית
אוניברסיטת בר-אילן

מידע לקראת פתיחת מחזור 8 של
**התוכנית ללימודי גנומיקה
וחישוביות ביו-רפואית**

- ✓ לרופאים בכל ההתמחויות
- ✓ לחוקרים בכירים
- ✓ לאנשי ביו-טק/היי-טק

073-7373737 • טל. • www.bio-medical.info

- גרסה 1: יוני 2017 -

אודות התוכנית ללימודי גנומיקה וחישוביות ביו-רפואית

הגידול המדהים בכמות המידע בכל שטחי הביולוגיה והרפואה, ובכללו המידע העצום בהיקפו שנצבר בזכות פרויקטי הגנום השונים, מציב בפני המחקר הרפואי אתגר המחייב פיתוח כלים, שיטות וגישות חדשות. הירידה המתמדת בעלויות הריצוף הגנטי מקרבת אותנו בצעדי ענק למצב, שבו מפה גנומית אישית תהיה דבר שבשגרה, ועלינו למצוא דרכים שיאפשרו לרופאים לנצל מידע זה לתועלת החולים.

פריצות דרך טכנולוגיות נוספות, כמו מהפכת הסמארטפונים, ההליכים המואצים למחשוב תיקים רפואיים אישיים, הרשתות החבריות, המחשוב הלביש, המדפסות התלת-מימדיות, המציאות הרבודה ועוד, תורמות גם הן למהפכה בעולם הרפואי. מהפכה זו מתאפיינת בשיפור משמעותי של יכולות הניבוי, ההתאמה האישית, המניעה וההשתתפות של המטופל.

המגמה לביולוגיה חישובית [בפקולטה למדעי החיים](#) של [אוניברסיטת בר-אילן](#) בשיתוף [המרכז הרפואי שיבא – תל השומר](#) מקיימים זו השנה השמינית תוכנית לימודים ייחודית לרופאים, לחוקרים ולאנשי הייטק בכירים, העוסקת בתחומי הגנומיקה וחישוביות הביו-רפואית.

קהל היעד של התוכנית

- רופאים בכל ההתמחויות (מתמחים, מומחים ובכירים)
- חוקרים בכירים בתחומי הרפואה והביולוגיה
- אנשים העוסקים בתחומי הביו-טק/ההיי-טק

מטרת התוכנית

הקניית הידע המדעי והכלים המעשיים להשתלבות במהפכת ה-data והמידע ברפואה. התוכנית מכשירה את בוגריה להבין ולהשתמש בגישות החדשניות לטיפול ולמחקר, המבוססות על טכנולוגיות חישוביות מתקדמות. בכלל אלה ניתן למנות, בין היתר, את:

- מיפוי הגנום האישי של פציינטים ופענוח המשמעויות הרפואיות של המידע הטמון בו.
- חיזוי מצבו הרפואי העתידי של החולה האינדיבידואלי, גילוי מוקדם של מחלות וניבוי מסלול התפתחותן.
- התאמה אישית של הטיפול הרפואי על בסיס מידע גנומי והיסטורי של הפציינט, לשם העלאת סיכויי ההחלמה שלו והפחתת תופעות הלוואי.
- גילוי תופעות, קורלציות ומנגנונים ביו-רפואיים שלא היו ידועים בעבר, זאת בזכות הגידול המדהים בכמות המידע הרפואי ובעוצמת הטכנולוגיות החישוביות.

שכר הלימוד

- 18,000 ש"ח + 457 ש"ח דמי הרשמה. שכר הלימוד נפרס לתשלומים לאורך שנת הלימודים.
- סטודנטים הממשיכים לתואר מאסטר (M.Sc.) או דוקטורט (Ph.D.) יקבלו החזר מלא של שכר הלימוד עם סיום לימודי המאסטר, או עם אישור הצעת המחקר של הדוקטורט.
- סטודנטים המקבלים מימון מטעם מקום העבודה יקבלו גם מהאוניברסיטה הנחה מקבילה בשכר הלימוד, עד לשיעור מקסימאלי של 4,000 ש"ח.

צוות התוכנית

- ראשי התוכנית: פרופ' רון אונגר (אוניברסיטת בר-אילן) ופרופ' גידי רכבי (המרכז הרפואי שיבא)
- יו"ר התוכנית: ד"ר רחל לוי-דרומר
- מנהל התוכנית: ד"ר רונן טל-בוצר

יצירת קשר והרשמה

לשאלות ולמידע נוסף ניתן לפנות אלינו באמצעי התקשורת הרשומים להלן. לצורך ההרשמה בפועל יש לקבוע ראשית שיחה עם מנהל התוכנית. לנוחיותכם, מומלץ לקבוע את מועד השיחה (לשאלות ו/או להרשמה) באמצעות הטופס הייעודי.

- מייל: contact@bio-medical.info
- טלפון: 073-7373737 | שלוחה 111
- טופס לקביעת מועד לשיחה עם מנהל התוכנית: director.bio-medical.info
- טופס להשאת פרטים לצורך בירורים או הרשמה: register.bio-medical.info

מתכונת הבסיס

שישה קורסים אקדמיים הנפרשים על-פני יום בשבוע, יום ב', במשך כשבעה חודשים קלנדריים, מ-06\11\2017 עד 11\06\2018. מתכונת זאת מחולקת לשני סמסטרים, שבסיום כל אחד מהם מתקיימת תקופת בחינות ו/או פרויקטים במשך שלושה שבועות. סיום תקופת הבחינות של הסמסטר השני הוא ב-09\07\2018. בעמוד האחרון מובאים תאריכי השיעורים והבחינות בפירוט מלא.

הקורסים בתוכנית מזכים את הרופאים ב-300 נקודות זכות לגמול השתלמות

לימודי המשך למאסטר ולדוקטורט

התוכנית מעודדת את משתתפיה להשתלב במחקר אקדמי בתחום החישוביות הביורפואיות. סטודנטים שהשלימו את מתכונת הבסיס בהצלחה (ממוצע ציונים מעל 80 ובכפוף לראיון אישי) יוכלו לעבור למסגרת של לימודים מתקדמים, מאסטר (M.Sc.) או דוקטורט (Ph.D.). מאחר שהקורסים במתכונת הבסיס הם בעלי הכרה אקדמית כקורסים לתארים מתקדמים, הרי שהסטודנטים צוברים חלק ניכר מחובות הקורסים לתואר במהלך מתכונת הבסיס, ויכולו לאחריה להתרכז בעיקר בעבודת המחקר.

לסטודנטים שימשיכו לתארים מתקדמים יוחזר מלוא שכר הלימוד בתוכנית

מדעי היסוד למתמחים

אחת לשנתיים התוכנית ניתנת במתכונת של שלושה ימים בשבוע, כך שתתאים במיוחד לתקופת מדעי היסוד של רופאים מתמחים. במסגרת זאת, התוכנית כוללת גם עבודת מחקר, ובכך מהווה חלופה למרכיב מדעי היסוד שבמסגרת ההתמחות, באישור ובתמיכה של המועצה המדעית בהר"י. השנה התוכנית אומנם לא ניתנת במתכונת זאת, אך ייתכן ומתמחים אחדים יוכלו, בכפוף לראיון ולהתאמה אישית של תוכנית הלימודים, לשלב את התוכנית במסגרת תקופת מדעי היסוד שלהם ו/או במסגרת תואר מאסטר (M.Sc.).

למידה מקוונת

בדומה למגמה החדשה הרווחת באוניברסיטאות המובילות בעולם להפוך את תכני הלימוד לזמינים גם באינטרנט (MOOCs – "Massive Open Online Courses"), ומתוך התחשבות בדרישות התפקיד של הרופאים, גם בתוכנית זו כל ההרצאות והתרגולים יצולמו ויהיו זמינים לצפייה בכל זמן. ייתכן ולצורך כך, חלק או כל הקורסים יועברו בשפה האנגלית.

שיעורי רשות / בונוס

סטודנטים שיהיו מעוניינים להרחיב את כישוריהם בנושאים טכנולוגיים מתקדמים יותר, יוכלו להשתתף בשיעורים מקוונים בתחום התכנות, ה-deep learning והבינה המלאכותית. ההשתתפות בשיעורים אלה אינה כרוכה בתשלום נוסף.

תכני הקורסים

מתכונת הבסיס של התוכנית מורכבת משישה קורסים, המקיפים את תחומי הגנומיקה והחישוביות הביו-רפואית המודרנית. הקורסים מוכרים כקורסים לתארים מתקדמים מבחינה אקדמית, ומעניקים את נקודות הזכות והקרדיט הדרוש לתואר M.Sc. או Ph.D. (שיעורי הרשות המקוונים הינם שיעורי בונוס, ואינם מזכים בקרדיט אקדמי). בזכות היקפה הרחב של מתכונת הבסיס, בוגריה יצברו חלק ניכר מדרישות הקורסים הפרונטאליים לתארים אלה. אם ירצו בכך, בוגרי התוכנית יוכלו להמשיך לתואר מתקדם, כך שיוכלו להתרכז בעיקר בעבודת המחקר ובפרסום מאמרים.

מסטר א'

קורס 80660 – ביואינפורמטיקה רפואית

ביואינפורמטיקה הוא המדע העוסק בחקר הגנום באמצעות אלגוריתמים חישוביים. בקורס יוצגו השיטות החישוביות, כלי התוכנה ומאגרי המידע העכשוויים בתחום הביואינפורמטיקה. כן יינתן דגש מיוחד על האפליקציות הקליניות של מדע זה.

- הרצאות: [פרופ' רון אונגר](#) (אוניברסיטת בר-אילן) ו**ד"ר ערן אייל** (המרכז הרפואי שיבא)
- תרגולים: ד"ר חיבה ולדמן בן-אשר
- סילבוס: [לחץ כאן](#)

קורס 80662 – שיטות מתקדמות לאנליזת הגנום

החל בריענון לנושאים בסיסיים בביולוגיה מולקולארית ועד לסקירת הגישות המתקדמות ביותר בחקר מערכת של התא, כגון ריצוף עמוק, שבבי DNA, בקרת גנים באמצעות RNA לא מקודד ועוד.

- הרצאות: [פרופ' נינט אמריליו](#) (המרכז הרפואי שיבא), **ד"ר ערן אייל** (המרכז הרפואי שיבא) ו**פרופ' ארז לבנון** (אוניברסיטת בר-אילן)
- תרגולים: לא קיימים בקורס זה
- סילבוס: [לחץ כאן](#)

קורס 80663 – ביוסטטיסטיקה וניסויים קליניים

קורס מתקדם בסטטיסטיקה, הניתן מתוך גישה מעשית ובעזרת ניתוח מחקרים קליניים. דגש מיוחד יינתן לאנליזה המתאימה לשיטות החדשניות בביולוגיה וברפואה, אשר מייצרות כמות עצומה של נתונים ומידע.

- הרצאות: **ד"ר רחל לוי-דרומב** (אוניברסיטת בר-אילן, היחידה לייעוץ סטטיסטי)
- תרגולים: ג'ניפר בנישו
- סילבוס: [לחץ כאן](#)

קורס 80665 – כריית מידע רפואי

כמות הנתונים והמידע הרפואי שנצברו בחמש השנים האחרונות גדולה מזו שנצברה באלף השנים שקדמו להן. לכך אחראיות שלוש מהפכות שהתרחשו לאחרונה: מהפכת הביואינפורמטיקה, מהפכת מחשוב התיקים הרפואיים ומהפכת האינטרנט והמובייל. הקורס מציג שיטות מתחומי למידת המכונה והבינה המלאכותית להפקת תובנות רפואיות חדשות מתוך מידע זה.

- הרצאות: **ד"ר רונן טל-בוצר** (Sense - חברת בינה מלאכותית)
- תרגולים: יינתנו במסגרת קורס הרשות המקוון ב-Deep Learning ובינה מלאכותית
- סילבוס: **לחץ כאן**

קורס 80664 – ביולוגיה מערכתית רפואית

בשנים האחרונות ישנו מעבר, הן בביולוגיה והן ברפואה, מאנליזה של גנים בודדים לחקר של מערכות ומסלולים ביולוגיים מורכבים. הקורס מקנה את הכלים החשובים הנדרשים לאנליזות רחבות היקף אלו, תוך שימוש בשפת תכנות המתאימה לשימושים בביואינפורמטיקה.

- הרצאות: **פרופ' סול עפרוני** (אוניברסיטת בר-אילן) ו**פרופ' ינאי עופרן** (אוניברסיטת בר-אילן)
- תרגולים: ד"ר רותם בן חמו וספיר פלד
- סילבוס: **סילבוס מפורט**

קורס 80666 – גנומיקה אישית

אנו מתקרבים בצעדי ענק למציאות בה הגנום של המטופל יהווה שיקול מכריע בבחירת הטיפול עבורו. הקורס יתאר מה ניתן ללמוד היום מתוך מידע גנומי אישי, החל מייעוץ טרום לידתי, דרך התאמה אישית של תרופות ועד לטיפולים אישיים במחלת הסרטן ומחלות מורכבות נוספות. הקורס יתייחס גם לשאלות אתיות ומשפטיות ולשיקולי פרטיות הנובעים ממידע גנומי.

- הרצאות: **פרופ' רון אונגר** (אוניברסיטת בר-אילן), **פרופ' גידי רכבי** (המרכז הרפואי שיבא) ו**פרופ' ינאי עופרן** (אוניברסיטת בר-אילן)
- תרגולים: ד"ר מורן גל
- סילבוס: **לחץ כאן**

תכנות לצורכי מחקר חישובי

התוכנית אינה מתעתדת להכשיר את בוגריה כמתכנתים (כאלה יש בשפע). מטרתה היא להכשיר אותם לעשות את החיבור הכה ייחודי בין עולם הרפואה לעולם המחשבים, ולכן הכוונה היא שבוגרי התוכנית יוכלו להנחות מתכנתים בפיתוח פתרונות תוכנה לבעיות רפואיות. יחד עם זאת, במחזורי הקודמים סטודנטים רבים ביקשו בכל-זאת לרכוש כישורי תכנות בסיסי, על-מנת שיוכלו בעצמם "לגעת בידיים" בתחום מופלא זה. לפיכך, אנחנו נלמד תכנות באוריינטציה מחקרית, תוך התמקדות בצד המעשי הנדרש למחקרים בתחום הגנומיקה והחישוביות הביו-רפואית.

Deep Learning ובינה מלאכותית

עולם הבינה המלאכותית ולמידת המכונה (machine learning) עובר מהפיכה של ממש בשנים האחרונות. מהפיכה זאת נובעת מהגדילות האקספוננציאליות הן בכוח החישוב של המחשבים המודרניים, והן ביכולות לדגום, לאסוף ולשמור data. לצד דהירתן של מכוניות אוטונומיות, גדילתם של סוכני שירות לקוחות אוטומטיים וכד', גם אפליקציות שונות בתחום הרפואי הופכות תבוניות יותר ויותר. בשנים האחרונות ניתן להבחין בטכנולוגיות פורצות דרך בתחומים רבים, החל מאבחון מדויק יותר באמצעות ראייה ממוחשבת, דרך הפקת תובנות בעזרת ניתוח טקסטים ממאמרים מדעיים או אמירות של מטופלים ברשתות חברתיות, ועד ניבוי מותאם אישית של תגובת גידול סרטני לטיפול זה או אחר. השיעורים יציגו הן את הבסיס האלגוריתמי לטכנולוגיות אלה והן את האפליקציות העכשוויות בשוק.

החזון ההולך ומתגשם של רפואה מותאמת אישית תלוי לחלוטין בדיסציפלינה המתפתחת של החישוביות הביו-רפואית. זהו תחום המחקר שעוסק בדרכים לנתח, לנצל ולנהל מידע ביו-רפואי, ובכלל זה מידע גנומי, מידע קליני ומידע מולקולרי. שיטות וגישות שפותחו בתחום כבר מחוללות מהפכה, לא רק במחקר הביו-רפואי התיאורטי, אלא גם בטיפול הרפואי המעשי והיומיומי.

ישראל היא מובילה עולמית בתחום הביולוגיה החישובית. יתר על-כן, בישראל קיימת רפואה מודרנית ומתוחכמת בעלת גישה לטכנולוגיות מתקדמות. בשל מבנה הרפואה הציבורית בישראל, קופות החולים ובתי החולים מנהלים מאגרי מידע רפואיים מקיפים יותר מאשר בכל מקום אחר בעולם. לכן ישראל איננה רק כר אידיאלי לפיתוח האינפורמטיקה הרפואית, אלא אף בעלת פוטנציאל להיות מובילה עולמית בתחום.

יחד עם זאת, חסר בישראל כוח אדם רפואי בעל הכשרה רלוונטית, המודע לחשיבות התחום ולפוטנציאל הטמון בו. בעוד שבבתי ספר מובילים לרפואה בארה"ב ובאירופה הולכות ונבנות תוכניות לימוד ומחקר בתחום זה, אין בישראל מערכות הכשרה לרופאים בתחום החישוביות הביו-רפואית.

הפקולטה למדעי החיים בבר-אילן הינה חלוצה בתחום החישוביות הביולוגית, והייתה הראשונה בארץ שיזמה כבר לפני כ-20 שנה פתיחת תוכנית לימודים לתואר ראשון, שני ושלישי בביולוגיה חישובית. כיום כבר קיימות תוכניות דומות בכל האוניברסיטאות בארץ, והן תרמו תרומה משמעותית להצלחת תחום הביולוגיה החישובית בישראל.

בשנת 2010 נוסדה בפקולטה למדעי החיים, בשיתוף עם המרכז הרפואי שיבא, התכנית הראשונה בארץ (ואחת הראשונות בעולם) להכשרת רופאים בתחומי הגנומיקה והחישוביות הביו-רפואית. התכנית משלבת בין הביולוגיה החישובית, שהפכה בינתיים לדיסציפלינה בפני עצמה, ובין הרפואה.

בשבע השנים האחרונות בהן התקיימה תוכנית הלימודים השתתפו מדי שנה כמה עשרות רופאים מצטיינים מהתמחויות שונות (אונקולוגיה, גניקולוגיה, כירורגיה, גנטיקה, פנימית, נפרולוגיה, אנדוקרינולוגיה ועוד). הרופאים הגיעו לתוכנית בשלבים שונים של ההתפתחות המקצועית שלהם, החל מסטאז'רים, דרך מתמחים, ועד לרופאים ותיקים ומנהלי מחלקות.

המשובים שקיבלנו מהרופאים שהשתתפו בתוכנית היו חיוביים ביותר, מעל ומעבר למה שהם ואנחנו מעולם צפינו! רבים מהם העידו שהתוכנית פתחה בפניהם אופקים חדשים, הוסיפה מימד חדש לאופן שבו הם עוסקים ברפואה ואף "שינתה את חייהם". אחדים מהם אפילו דיווחו שצורת החשיבה והכלים החישוביים שהם הכירו גרמו להם לעיתים לשנות את הטיפול הרפואי בחולים מסוימים ולהביא לשיפור משמעותי במצבם.

מפרט תוכנית הלימודים לשנת תשע"ח (2017-2018)

היקף הלימודים

קורסי רשות 6 שיעורים	סמסטר ב' 12 שבועות		סמסטר א' 12 שבועות		שם הקורס / שעות שבועיות
	תרגול	הרצאה	תרגול	הרצאה	
שיעור מתוקשב			1	2	ביואינפורמטיקה רפואית
				2	שיטות מתקדמות לאנליזת הגנום
			1	2	ביוסטטיסטיקה וניסויים קליניים
		2			כריית מידע רפואי
	1	2			ביולוגיה מערכתית רפואית
	1	2			גנומיקה אישית
2					תכנות לצורכי מחקר חישובי (רשות)
2					Deep Learning ובינה מלאכותית
4	2	6	2	6	סה"כ שעות הרצאה/תרגול שבועיות
24	24	72	24	72	סה"כ שעות הרצאה/תרגול לסמסטר
24	96		96		סה"כ שעות לסמסטר
216					סה"כ שעות לשנה"ל

מערכת שעות

שעה / יום	סמטר א'	סמטר ב'
08:30 – 10:30	שיטות מתקדמות לאנליזת הגנום - הרצאה -	כריית מידע רפואי - הרצאה -
10:30 – 12:30	ביואינפורמטיקה רפואית - הרצאה -	ביולוגיה מערכתית רפואית - הרצאה -
12:30 – 14:30	ביוסטטיסטיקה וניסויים קליניים - הרצאה -	גנומיקה אישית - הרצאה -
14:30 – 15:30	ביוסטטיסטיקה וניסויים קליניים - תרגול -	גנומיקה אישית - תרגול -
15:30 – 16:30	ביואינפורמטיקה רפואית - תרגול -	ביולוגיה מערכתית רפואית - תרגול -

תאריכי שיעורים ובחינות

שבוע	סמסטר א'	סמסטר ב'
שבוע 1	06\11\2017	05\03\2018 * לאחר שבוע הפסקה
שבוע 2	13\11\2017	12\03\2018
שבוע 3	20\11\2017	19\03\2018
שבוע 4	27\11\2017	09\04\2018 * לאחר חופשת פסח
שבוע 5	04\12\2017	16\04\2018
שבוע 6	11\12\2017	23\04\2018
שבוע 7	18\12\2017	30\04\2018
שבוע 8	25\12\2017	07\05\2018
שבוע 9	01\01\2018	14\05\2018
שבוע 10	08\01\2018	28\05\2018 * לאחר חופשת שבועות
שבוע 11	15\01\2018	04\06\2018
שבוע 12	22\01\2018	11\06\2018
בחינה / פרויקט	05\02\2018 * לאחר שבוע הפסקה	25\06\2018 * לאחר שבוע הפסקה
בחינה / פרויקט	12\02\2018	02\07\2018
בחינה / פרויקט	19\02\2018	09\07\2018