



משרד החינוך
המינהל למדע ולטכנולוגיה

תכנית לימודים

שם התכנית: **ניהול תעשייתי ב**

מקצוע: **הנדסת גורמי אנוש**

כיתה: **י"ד**

תשס"ח 2007

הנדסת גורמי אנוש

התפיסה הרעיונית של התכנית

התכנון של ציוד, מכשירים, צגים וריהוט משרדי בהתאמה לגורם האנושי הוא בעל חשיבות רבה בשנים האחרונות. המודעות לבריאותו של העובד, לשיפור התפוקה שלו ולמניעת מאמץ והתעייפות מיותרים, הולידו מדע הנקרא הנדסת אנוש או ארגונומיה. המקצוע הנדסת אנוש פורס לפני התלמידים את הנתונים הפיזיולוגיים של העובד ואת הממשקים האנושיים הדרושים, תוך התחשבות בתכנון ובניתוח קפדניים. התלמידים יבינו את השיקולים בממשק אדם-מכונה אשר יעזרו להם בתכנון מעברים, מכונות, צגים ומסכי מחשב.

מטרות כלליות

1. הכרת חשיבות המקצוע הנדסת אנוש להנדסאי תעשייה וניהול.
2. הבנת השימוש בנתונים פיזיולוגיים לתכנון מערכות תפעוליות ומכשירים.
3. הבנת היישום של הנדסת אנוש בתחומים מיוחדים כגון מסכי מחשב ומערכות אדם-מכונה.

מטרות אופרטיביות

עם סיום לימודיהם, התלמידים:

1. ידעו לזהות את המרכיבים בהנדסת אנוש.
2. יסבירו את חשיבות המקצוע בתכנון תחנת עבודה.
3. יתארו את המבנה הפיזיולוגי של גוף האדם בהקשר לתכנון ארגונומי.
4. יציגו את השימוש בנתונים פיזיולוגיים.
5. יבצעו תכנון ויישום של מידע אנתרופומטרי.
6. יסבירו את הקשר בין אנרגיות פיזיקליות לתחושות פיזיקליות.
7. יציגו יישום של הנדסת אנוש בתחומים מיוחדים כגון מסכי מחשב ומערכות בעלות ממשק אדם-מכונה.

דרכי הוראה/למידה מומלצות

יש להשתמש בשיטות הוראה ובעזרי הוראה מגוונים:

1. הוראה פרונטלית על ידי המורים.
2. הזמנת מרצים אורחים בתחומים של תכנון מוצרים, מחקר ופיתוח, תכנון אמל"ח.
3. ניתוח מוצרים, צגים ותחנות עבודה.
4. ניתוח אירועים המוזכרים בביבליוגרפיה המומלצת בעברית.
5. ניתוח מציגים של תחנות עבודה, מכשירים, ריהוט ומוצרים.

תכנים

שעות	נושאי לימוד
10	1. מבוא להנדסת אנוש
22	2. אנתרופומטריה של גוף האדם
24	3. ביומכניקה
16	4. יישום תכנון תחנת עבודה
72	סה"כ

פירוט התכנים וחלוקת השעות המוצעת

שעות	נושאי לימוד	
10	מבוא להנדסת אנוש הגדרת התחום של הנדסת אנוש מטרות הנדסת אנוש (יעילות, בריאות, בטיחות) מודל אדם-מכונה-סביבה דוגמאות לעקרונות בהנדסת אנוש הפעילות המקצועית בתחום הנדסת אנוש מרכיבים בהנדסת אנוש (אנתרופומטריה, ביומכניקה, הנדסה אנתרופומטרית) חקיקה ותקינה בהנדסת אנוש	פרק 1 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7
22	אנתרופומטריה של גוף האדם מבוא מידות תקניות של גוף האדם • מידות כפונקציה של הגובה • מידות האחוזונים באוכלוסייה • טווח הגעה למכשירים • עקרונות מיקום כלים ומתגי הפעלה מניעת פגיעות בגב, בצוואר ובכתפיים מניעת פגיעות במערכת השלד תכנון מקום ישיבה דוגמאות לתכנון עבודה המבוסס על עקרונות אנתרופומטריים	פרק 2 2.1 2.2 2.3 2.4 2.5 2.6
24	ביומכניקה מבוא אנטומיה של תנועה • כוחות • סבולת שריר • הפעלת כוחות על הגוף • דוגמאות לכללי תנועה יעילה	פרק 3 3.1 3.2

שעות	נושאי לימוד
	עייפות, אנרגיה וסבולת 3.3 • דוגמאות לכללים של הפעלת מאמץ • הליכה, מאמץ ותאונות • הרמת משאות ונשיאתם ויברציות ותנודות 3.4 תאוצות 3.5
16	פרק 4 יישום תכנון תחנת עבודה עקרונות ההנדסה האנתרופומטרית 4.1 סקר דרישות 4.2
	חקר ישימות 4.3 אפיון כללי של המערכת 4.4 הגדרת הפונקציות שהמערכת צריכה לבצע 4.5 תכנון סביבת העבודה המשנית 4.6 חושים אנושיים 4.7 • ראייה ותאורה • שמיעה ורעש • שיווי משקל • עומס אקלימי • השפעה על החושים האנושיים • קליטת מידע על ידי האדם תכנון הנדסי של תחנת עבודה ומערכת אדם-מחשב 4.8 עקרונות ISO 18000 ויישומם 4.9
72	סה"כ

מושגים עיקריים

המושג	הסבר
אחוזון	מידה לגבול. לדוגמה: האחוזון החמישי הוא הגבול ש-5% מהאוכלוסייה קטנים ממנו.
אנטומיה	תחום העוסק במבנה הפיזי של גוף האדם (ממדים, זוויות, מפרקים). כולל שני מקצועות עיקריים: אנתרופומטריה וביומכניקה.
אנטומיה של תנועה	חקר יכולת התנועה של העצמות בגוף האדם והבנת המגבלות של תנועות המפרקים השונים.
אנתרופומטריה	תחום העוסק בממדים של גוף האדם, במטרה לעצב לפיהן את סביבת העבודה.
אפיון כללי	שלב בתהליך ההנדסי, שבו מוצג הפתרון הסכמתי המלא המתאים כל הדרישות שמופיעות בסקר הדרישות. הפתרון יכלול מדידות, סימולציות, ניסויים נדרשים וכדומה.
בטיחות	מניעת נזקים מידיים וארוכי טווח לבריאות העובד, עקב תאונות עבודה ושימוש לא נכון במכשירים במקום העבודה.
ביומכניקה	תחום העוסק בהפעלת כוחות דינמיים בעזרת גוף האדם, לצורך תכנון מיטבי של סביבת העבודה והמכשירים שבה.
בריאות	מניעת השלכות בריאותיות על העובד עקב דרישות העבודה ממנו.
דציבל	יחידת מידה פיזיקלית לביטוי עצמת הקול. הדציבל נמדד בסקלה לוגריתמית לא לינארית.
הגדרת הפונקציות שהמערכת צריכה לבצע	שלב בתהליך ההנדסי שבו מוגדרות כל הפונקציות שאותן צריכה המערכת לבצע כתנאי לעמידה בדרישות.
החלקה	נפילה (או כמעט נפילה), שהיא אחת הסיבות העיקריות לתאונות עבודה.
הנדסה אנתרופומטרית	תוכן של תחנת עבודה הכוללת את השלבים העיקריים הבאים: הכנת סקר דרישות, ביצוע חקר ישימות, אפיון כללי של המערכת והגדרת הפונקציות שהמערכת צריכה לבצע.
הנדסת אנוש (ארגונומיה)	אוסף הדיסציפלינות לתכנון סביבת עבודה, שבה העובד מבצע את עבודתו ביעילות המרבית בטווח התכנון. מתבססת על ארבע דיסציפלינות: אנטומיה, פיזיולוגיה, פסיכולוגיה, מדעי ההנדסה.

המושג	הסבר
התפלגות מידות באוכלוסייה	בהתייחס למידה מסוימת, הכמות היחסית של אנשים באוכלוסייה בעלי אותה מידה.
ויברציות ותנודות	השפעת התדירות העצמית של מרכיבים שונים בגוף האדם על הגוף כאורגניזם.
חדות ראיית מרחב	היכולת לראות את המרווח המינימלי בין נקודות או בין קווים.
חדות ראיית קווים	היכולת להבחין בקווים הדקים ביותר בעלי עובי מסוים.
חדות ראיית רצף	היכולת לראות את חוסר הרציפות של קו, כאשר אחד ממקטעיו מוזז קמעה.
חוש המישוש	נובע מרגישות קיימת ללחץ ולמגע באזורים השונים של העור.
חוש הראייה	המרכיב הדומיננטי במערכת החושים האנושית. מרבית האותות של הסביבה נקלטים באמצעותו.
חוש הריח	החוש הפחות פונקציונלי לצורכי הנדסת אנוש, על אף שריח רע עלול לפגום בביצועי העובד בטווח הקצר.
חוש השמיעה	הרכיב השני בחשיבותו מבחינת רוחב פס לקליטת אינפורמציה.
חוש שיווי המשקל	חיוני לתחושת המיקום של הגוף במרחב, לתחושת התנועה ולמיקום הראש.
חקר ישימות	שלב בתהליך ההנדסי, שבו המתכנן מציג את הפתרונות האלטרנטיביים; לאחר ניתוחם (עלות מול תועלת) יוצג הפתרון הנבחר ויפורטו השיקולים שהביאו להעדפתו מהחלופות האחרות.
טבעיות התנועה	השימוש במפרקי הגוף המתאימים ביותר לביצוע המשימה ובקבוצת השרירים התואמת את סוג המאמץ הדרוש לכך.
טווח הגעה למכשירים	טבלאות הנשענות על מחקרים אמפיריים, המגדירות את טווח ההגעה של הידיים כפונקציה של זווית המנוף שאליו יש להגיע מבסיס המושב.
יעילות	שיפור אופן הביצוע ואיכות העבודה כדי ש התפוקה תגדל או כדי שההשקעה האנושית תקטן.
כוח איזוטוני	כח המופעל באופן דינמי, תוך כדי תנועה של השריר.
כוח איזומטרי	כוח סטטי המופעל על ידי השריר ללא תנועה. למשל דחיפת קיר.

המושא	הסבר
כללי תנועה יעילה	אוסף של כללים המאפשרים להפעיל את הגוף תוך מניעת מאמץ שרירי ועייפות (ככל האפשר), כדי לשמור על בריאותו של העובד.
כללים של הפעלת מאמץ	אוסף כללים שהקפדה עליהם תאפשר להפיק מהשריר עבודה מרבית במאמץ מינימלי ובבטיחות מרבית.
מאמץ אנארובי	מאמץ קצר של השריר שאינו דורש מהגוף אספקת חמצן מיוחדת.
מאמץ ארובי	מאמץ ארוך של השריר המחייב את הגוף לספק חמצן לשריר.
מדעי ההנדסה	אוסף הדיסציפלינות ההנדסיות המוכרות, שבעזרתן מיישמים סביבת עבודה התואמת ככל האפשר את הנתונים האנושיים.
מידות כפונקציה של הגובה	מודל הנדסי המתאר את מידות הגוף השונות ביחס לגובה האדם (גברים ונשים בנפרד) בעמידה. מבוסס על מיצוע מקורב של אוכלוסייה.
ממוצע	אומדן סטטיסטי למרכז הכובד של האוכלוסייה.
מערכת אדם-מחשב	שם כללי למערכות אדם-מכונה, כאשר במרכיב המכונה יש חלק מכני וחלק חישובי- לוגי המיושם באמצעות מחשב, כמו למשל מסוף מחשב.
מערכת-אדם-מכונה-סביבה	מערכת הכוללת קבוצה של אנשים ומכונות המקיימים ביניהם יחסי גומלין ותלות הדדית בתוך סביבת עבודה מסוימת, ויש להם מטרה משותפת.
משקל מקסימלי להרמה	נוסחה מתמטית לחישוב המשקל המרבי המומלץ לגבר ולאישה להרים, תוך שמירה על בטיחות מבצע ההרמה. הנוסחה מתחשבת באופי ההרמה: חד-פעמית או מחזורית.
סביבת העבודה המשנית	סביבת העבודה שלעובד יש מגע אתה והיא משפיעה על מערכת החישים והחושים של העובד, או שהיא יכולה להפריע בעקיפין לעבודתו של העובד.
סביבת העבודה הראשית	סביבת העבודה שבה העובד פועל והיא כוללת את המכשירים והתצוגות המופעלים על ידי העובד.
סבולת שריר	כוח העמידה של העובד במאמץ שרירי (דינמי או סטטי).
סימטריות בתנועה	מצב שבו לכל כוח שהגוף מפעיל יש רכיב תגובה שצריך לאזן את הגוף, כדי למנוע בזבוז כוחות ואנרגיה ולשמור על שיווי משקל.

המושג	הסבר
סקר דרישות	שלב בתהליך ההנדסי המגדיר במדויק מי הלקוח של תחנת העבודה, מהן ציפיותיו מסוג העבודה שיתבצע, וכיצד הוא רוצה שהמוצר המוגמר יתפקד בסביבת העבודה המסוימת.
עומס אקלימי	אוסף של משתנים פיזיים המשפיעים על חילוף החום של הגוף. המשתנים העיקריים הם: טמפרטורת האוויר, הלחות היחסית, מהירות הרוח, יעילות אידי וזיעה והחום הנפלט על ידי הפעילות המטבולית.
עקרונות מיקום כלים ומתגי הפעלה	אוסף עקרונות למיקום הכלים ומתגי ההפעלה בתוך תחום יכולת התנועה של הגוף האנושי ובהתייחס למיקומו של המפעיל. העקרונות הם: חשיבות, תדירות שימוש, התאמה פונקציונלית וסדר פעולות.
פיזיולוגיה של המאמץ	תחום העוסק בתיאור יכולת הניצול והוצאת האנרגיה של גוף האדם.
פיזיולוגיה	תחום העוסק בתפקוד הביולוגי של גוף האדם כגון היכולת הפיזית, צריכת האנרגיה ויכולת העמידה בטמפרטורות. כולל שני מקצועות רלוונטיים: פיזיולוגיה של המאמץ ופיזיולוגיה תעשייתית.
פיזיולוגיה תעשייתית	תחום המתאר את השפעות הסביבה על גוף האדם.
פסיכולוגיה	תחום העוסק בהתנהגותו של האדם (במישור המצומצם של הממשק למקום העבודה), ביחס לטכנולוגיה שאותה הוא מפעיל.
קליטת מידע על ידי האדם	אוסף של ממשקים בין האדם למכונה ולסביבה, המאפשר למוח האדם לקלוט מידע לצורך עיבודו.
קצביות בתנועה	שמירה על קצב אחיד (ככל האפשר) של איברי הגוף הפעילים.
שונות וסטיית תקן	אומדנים לרמת הפיזור של המידה באוכלוסייה.
תאוצות	גורם המשפיע על הגוף בעיקר בהגדלה או בהקטנה יחסית של משקל הגוף ואיבריו.
תחנת עבודה – מערכת אדם-מחשב	תחנת עבודה הכוללת את הרכיבים העיקריים הבאים (או את חלקם): כיסא, שולחן עבודה, מקלדת, עכבר, ידית היגוי, כדור עקיבה, קוראים ממוחשבים, צג.
תכנון תאורה	תכנון אחד המרכיבים החשובים בתכנון הסביבה, מכיוון שערוץ הקלט האופטי האנושי הוא הערוץ הדומיננטי. עיקריו: תכנון לנוחות ותכנון מכוון משימה.

המושא	הסבר
תנועת הליכה	הליכת אדם הכוללת שני מרכיבים נפרדים: הנפה ודחיפה.
תפיסת החלל (טריאנגולציה)	כאשר שתי העיניים מביטות באובייקט, נוצר משולש שווה שוקיים המאפשר למוח להעריך את המרחק מהאובייקט לפי זוויות הראייה.
תצוגה ויזואלית	תצוגה המשתמשת בערוץ הראייה להעברת המידע למוח האדם.
תצוגות קוליות / דיבור	תצוגות המשתמשות בערוץ השמיעה כערוץ העברת המידע למוח האדם.

ביבליוגרפיה

1. נמרוד בלומקין, **מבוא להנדסת אנוש**, הוצאת האוניברסיטה הפתוחה, 2005.
2. אלי שגיא, **הנדסת אנוש מהי? – מבוא לארגונומיקה**, אירועים 1990.
3. B.R. Kantovits, *Human Factors :Understanding People – System relationship*, John Wiley, 2005
4. E.J. McCormick & M.S. Sanders, *Human Factors in Engineering and Design*, McGrawHill, 2002