

איגוד תעשיות האלקטרוניקה

מוסד ש. נאמן  
למחקר מתקדם במדע ובטכנולוגיה

# **תעשיית האלקטרוניקה**

**בעולם ובישראל**

**מגמות כלכליות וכוונים עתידיים**

ד"ר אורי שמעוני

דצמבר 1991

# תעשיית האלקטרוניקה בעולם ובישראל

מגמות כלכליות וכוונים עתידיים

ד"ר אורי שמעוני  
הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל  
הפקולטה להנדסת חשמל

פרסום זה מהווה חלק מהמחקר על  
"אלקטרוניקה 2000" הנערך על ידי מוסד ש. נאמן  
עבור איגוד תעשיות האלקטרוניקה

# תעשיית האלקטרוניקה בעולם ובישראל

## מגמות כלכליות וכוונים עתידיים

ד"ר אורי שמעוני

דו"ח זה הוכן על ידי החוקר ועל אחריותו. הדעות המובעות בפרסום זה הינן אלה של החוקר ואינן משקפות בהכרח את עמדתו של מוסד ש. נאמן. אין המוסד אחראי למידע ולשיטות בהן השתמש החוקר במחקר זה.

Copyright ©, 1991. The Samuel Neaman Institute  
for Advanced Studies in Science and Technology

פורסם דצמבר 1991  
מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם  
קרית הטכניון, חיפה 32000

## תוכן

### עמוד

3	תקציר	1.
4	מיפוי וסקירה כללית של התעשייה האלקטרונית העולמית	2.
24	מיפוי וסקירה כללית של התעשייה האלקטרונית הישראלית	3.
43	טכנולוגיות ומוצרים עתידיים בתעשיית האלקטרוניקה	4.
55	הצטלבות של טכנולוגיות ומוצרים באלקטרוניקה	5.
61	תחזית להתפתחות ענפי אלקטרוניקה מובילים	6.
64	מקורות	7.
65	תכנית המחקר המקורית של מוסד ש. נאמן	נספח א'
67		רשימת ציורים
69		רשימת טבלאות

## 1. תקציר

הדו"ח הנוכחי נערך כצעד ראשון בהערכות מוסד ש. נאמן לקראת התוכנית "אלקטרוניקה 2000". מוצג בדו"ח לוח הזמנים להערכות זו ומובאת סקירת עובדות על המצב וההתפתחות של התעשייה האלקטרונית בעולם ובישראל. כמו כן מוצגת סקירה על נושאי טכנולוגיה ומוצרים עתידיים, במגמה לבדוק אותן טכנולוגיות אשר מצדיקות מאמץ לאומי לביסוס התשתית שלהן.

סקירת התעשייה האלקטרונית העולמית מציגה מגמות של התפתחות בייצור ובשיווק האלקטרוני של גושי העולם הגדולים, אירופה, ארה"ב, יפן ו"שאר העולם", במהלך השנים האחרונות. בניגוד לשיעור הגידול הקטן של התל"ג העולמי התפתחה האלקטרוניקה בקצב מהיר ביותר. ההתפתחות של הייצור והשיווק של גושי העולם העיקריים במהלך השנים האחרונות מתוארת במפורט וכמו כן מתוארת התפתחות המגזרים השונים של התעשייה האלקטרונית. הסקירה גם מביאה נתונים על המאזנים המסחריים של גושי העולם השונים בינם לבין עצמם וכן על חלוקת השליטה על התעשייה האלקטרונית בכל גוש.

סקירת התעשייה האלקטרונית הישראלית כוללת מגמות של התפתחות בייצור וביצוא האלקטרוני של מדינת ישראל בהשוואה לכלל התעשייה הישראלית. מובא גם סיכום של מספר המועסקים בתעשיית האלקטרוניקה הישראלית במהלך השנים האחרונות ועל גודלו של הייצור לעובד. מסתמן גידול משמעותי ביצוא האלקטרוני יחסית ליצוא הכללי. מסתמנת, כמו כן, עליה ניכרת בסך הייצור לעובד, וזו מושווית עם ממוצעים בתעשייה האלקטרונית של ארה"ב. מובא גם מידע אודות החלק היחסי המושקע במו"פ בתעשייה האלקטרונית הישראלית ובתעשייה של ארה"ב.

בנושא הטכנולוגיה מובאת סקירה על כיווני התפתחות אפשריים וצפויים של מוצרים אלקטרוניים עתידיים, בהתאם לתחומים השונים שאותם משרתת האלקטרוניקה. הקשר בין מוצרים שונים לטכנולוגיות התומכות בהם מוצג באמצעות טבלות הצלבה בהן רשומות הטכנולוגיות במאונך ואילו מוצרים שונים מפורטים באופן אופקי. כאמור, המטרה היא לגלות אותן טכנולוגיות מפתח שראוי לתמוך בהן בעתיד תוך מאמץ לאומי, על מנת ליצור בסיס למוצרים חדשים שיאפשרו לתעשיית האלקטרוניקה הישראלית להרחיב את שווקי היצוא. לסיום הסקירה הטכנולוגית מובאת תחזית על שיעור הגידול הצפוי של ביקוש לרכיבים אלקטרוניים באירופה על פי תחומים בהם צפוי גידול ניכר של הייצור.

---

המחבר מבקש להביע את תודתו לפרופ' דניאל ויס ולאנג'י דוד כהן ממוסד ש. נאמן, למר משה אורטס, יו"ר איגוד תעשייתי האלקטרוניקה, ולמר אורי הר, מצ"ל האיגוד, על עזרתם בגיבוש הרעיונות ובהכנת החומר.

## 2. מיפוי וסקירה כללית של התעשייה האלקטרונית העולמית:

### הייצור העולמי של תעשיית האלקטרוניקה

ענף האלקטרוניקה ידוע כענף דינמי מאוד בכלכלה העולמית ואכן תכונה זו מבוטאת בציורים הבאים:

ציור 1 מראה את התפתחות הייצור העולמי של תעשיית האלקטרוניקה, בשנים 1984 ועד 1990, ביחידות של גיגה-דולר G\$ (גיגה =  $10^9$ , כלומר מיליארד בסימון המקובל ביבשת האירופית, או ביליון בסימון המקובל בארצות הודורות אנגלית). הייצור של כל אחד מן הגושים הגאוגרפיים הגדולים בעולם, אירופה, ארה"ב, יפן ושאר העולם, וכן כלל הייצור העולמי, מוצגים כאן לצורך השוואה, בתוספת ציון אחוז הגידול השנתי הממוצע. טבלה 1 נותנת את הערכים המספריים שלפיהם הוכן הציור כשהמקור לכך הוא [1]. (ראוי להעיר כי נתוני 1985, 1986, 1987 התקבלו באינטרפולציה על דינו ואילו נתוני 1990 הם אקסטרפולציה שנעשתה על ידי המקור [1]).

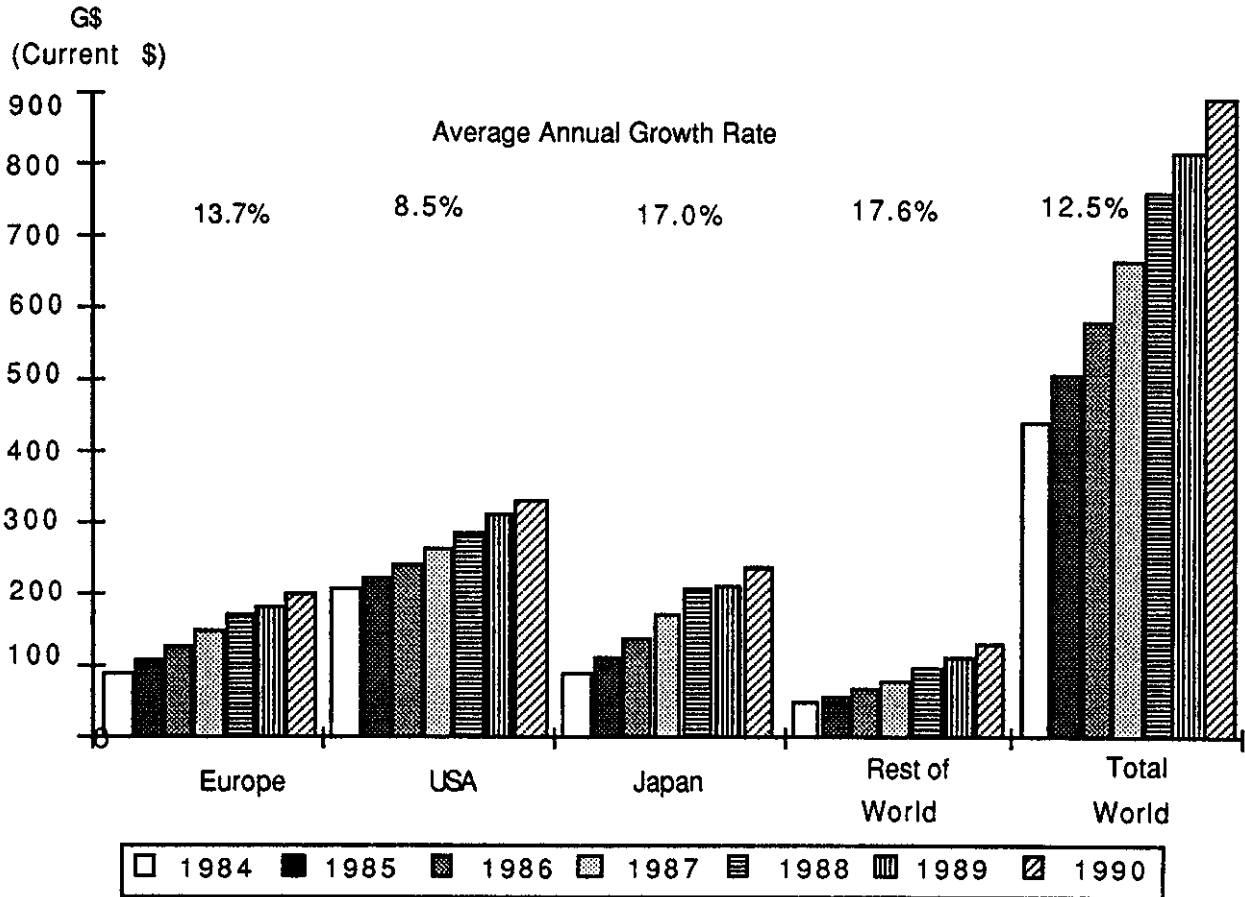
גושים	G\$, 1984-1990						
	1990	1989	1988	1987	1986	1985	1984
אירופה	200.3	182.8	172.9	148.0	126.7	108.5	92.9
ארה"ב	331.7	311.9	287.4	265.1	244.5	225.5	208.0
יפן	238.2	214.0	208.6	170.4	139.2	113.7	92.9
שאר העולם	128.8	113.6	98.3	82.5	69.2	58.0	48.7
סה"כ	899.0	822.3	767.2	668.6	582.7	507.8	442.5
גידול שנתי ממוצע ב-%	13.7	8.1	17.0	17.6	12.5		

### טבלה 1. ייצור התעשייה האלקטרונית לפי הגושים העולמיים במיליארדי דולר

עובדה מיידית מזדקרת לעין היא שלמרות כל המשברים והבעיות, הגידול בייצור האלקטרוני הוא חיובי וגדל בכל אזורי העולם. הייצור הכללי בשנת 1990 הגיע ל-G\$ 899, כשערכו היה G\$ 443 בשנת 1984. קצב הגידול השנתי הממוצע של כלל תעשיית האלקטרוניקה בעולם הוא כ-12.5%. (קצב גידול זה חושב על פי נתוני 1984 ו-1990 כאילו הם אברים של טור גאומטרי).

### ציור 1. התפתחות הייצור העולמי של תעשיית האלקטרוניקה 1984-1990

World Electronic Production (Current G\$) by Zone and Year



מבחינת הקפיץ הייצור ארה"ב היא המובילה מבין הגושים העולמיים, עם ייצור של G\$ 332 (שהם 37.1% מן הייצור העולמי בשנת 1990), כשיפן ואירופה באים אחריה בהקפיץ ייצור קרובים זה לזה, G\$ 238 (25.9%) ו-G\$ 200 (22.3%) בהתאמה. הגוש הקרוי "שאר העולם", הכולל כידוע את הארצות טאיוון, הונג קונג, דרום קוריאה וסינגפור שהפכו ליצרניות חשובות בתעשייה האלקטרונית, ייצר מוצרי אלקטרוניקה בסך G\$ 129 בשנת 1990. גוש זה כולל כמובן גם אותנו, מדינת ישראל, בהקפיץ ייצור הרבה יותר צנוע של כ-G\$ 3 בשנת 1990, כפי שנראה להלן.

(הערה: מקור [1] מביא נתונים לגבי "ייצור", ואילו מקורות אחרים מספקים נתונים לגבי "מכירות". סביר להניח לצורך המשך ההרצאה כי הייצור השנתי שווה בפועל לסך המכירות השנתי, וזאת משום שאפשר להניח כי בממוצע המלאי של הייצרנים והמשווקים נשאר קבוע ומינימלי לפי צורכי התפעול. אין להעלות על הדעת שיצור או משווק מסתכנים בייצור לצורך צבירת מלאי מעל הנדרש.)

**ציור 1 וטבלה 1 מראים כי קצב הגידול הממוצע השנתי של הייצור האלקטרוני עבור כלל העולם הוא 12.5%, שהוא קצב גידול גדול בהרבה מהתלייג העולמי. התמונה מבחינת קצב הגידול הממוצע השנתי של הגושים הגאוגרפיים שונה מזו של החקף הכללי: הקצב הגדול ביותר, כ-17.6%, הוא דוקא זה של גוש "שאר העולם". יפן הראתה קצב גידול קטן במעט, 17.0%. אירופה מופיעה עם קצב גידול של 13.7%, ודוקא ארה"ב הראתה קצב גידול שנתי הקטן ביותר של 8.1%. קצב הגידול השנתי הממוצע של מכירות מוצרי אלקטרוניקה של התעשייה בישראל באותן שנים הוא קטן יותר מאשר כלל העולם - 10.6%, כפי שנראה להלן. ברור כי קצב גידול שונה של הגושים במשך מספר שנים ישנה בעתיד את חקף הייצור היחסי של הגושים השונים.**

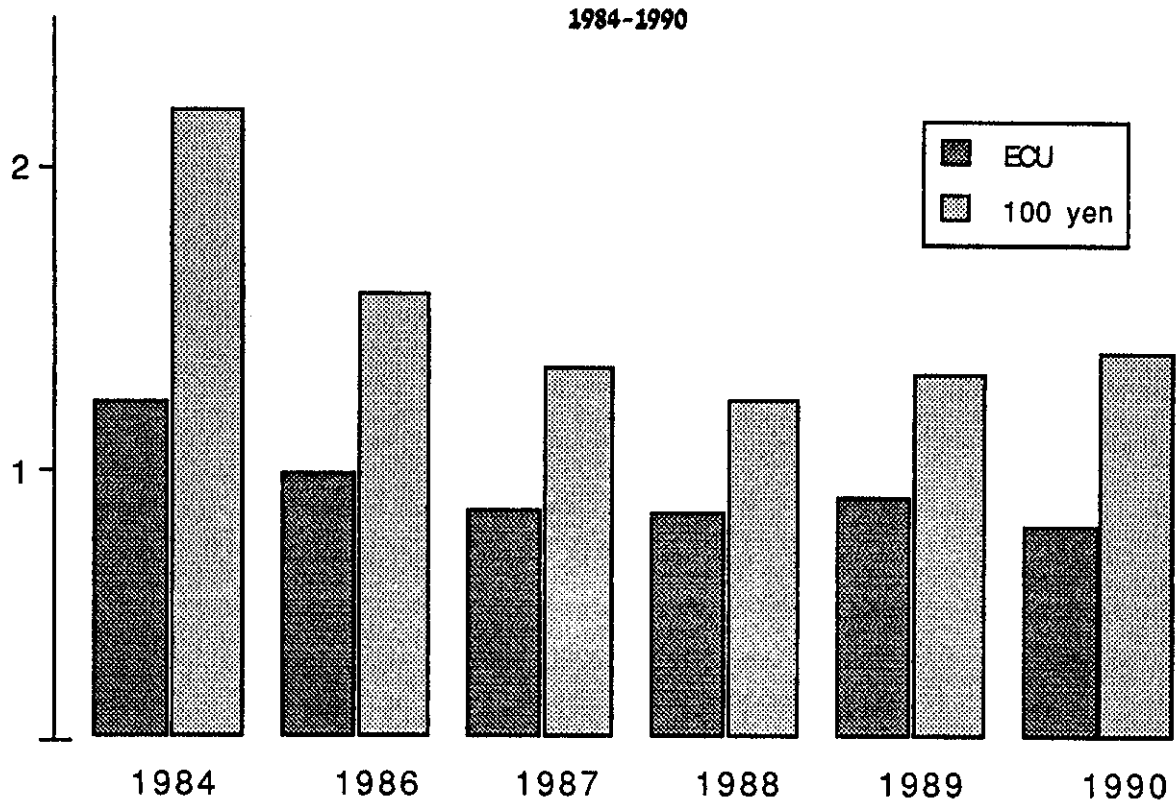
**ציור 2 וטבלה 2 מובאים כאן על מנת להראות את שינויי השערים של המטבע היפני והאירופי לגבי הדולר של ארה"ב בתקופה הנדונה [1].**

שנה	1984	1986	1987	1988	1989	1990
ECU	1.27	1.00	0.86	0.85	0.91	0.80
100 ין	2.38	1.68	1.40	1.28	1.38	1.46

**טבלה 2. שערי המטבעות היפני והאירופי ביחס לדולר של ארה"ב בתקופה 1984-1990.**



ציור 2: שערי המטבעות היפני והאירופי ביחס לדולר של ארה"ב



שוק הצריכה העולמי של מוצרי האלקטרוניקה

ציור 3 וטבלה 3 מראים את התפתחות השוק העולמי (שוק הצריכה) של מוצרי תעשית האלקטרוניקה, לפי הגושים הגאוגרפיים, בשנים 1984 ועד 1990, ביחידות של גיגה-דולר G\$, וכן גם סך הקניות של השוק העולמי. בסיכום כולל עולמי חייב כמובן להיות שוויון בין סך המכירות לסך הקניות בכל שנה כפי שנראה מטבלאות 1 ו-3.

גידול שנתי ממוצע ב-%	שנים 1984-1990 G\$							גושים
	1990	1989	1988	1987	1986	1985	1984	
14.5	237.2	217.0	206.5	169.9	141.0	121.8	105.1	אירופה
8.5	341.1	319.4	289.6	272.3	252.0	229.9	209.2	ארה"ב
20.0	171.4	152.6	148.1	116.1	89.7	71.2	57.4	יפן
13.2	149.2	133.3	123.0	107.7	96.9	82.9	70.8	שאר העולם
12.5	898.9	822.3	767.2	668.6	582.7	507.8	442.5	סה"כ

טבלה 3. שווקי הקניה של מוצרי האלקטרוניקה של גושי העולם בשנים 1984-1990, ב-G\$

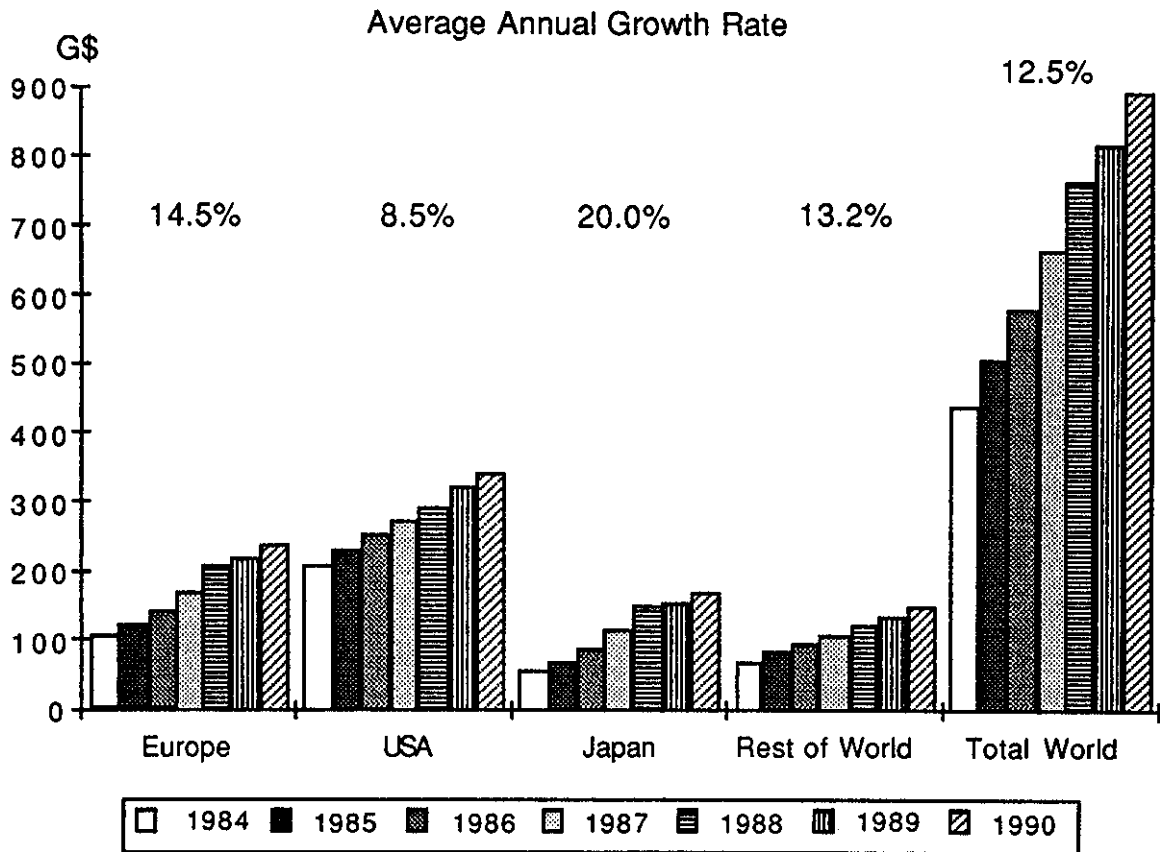
אשר לגודל שוק הקונים של מוצרי האלקטרוניקה, ארה"ב היא הגוש הצרכני הגדול ביותר, שהגיע בשנת 1990 ל-341 G\$. אחרי גוש זה צועדות אירופה, יפן ו"שאר העולם" בהתאמה. ראוי לציין כי בעוד שיפן היא היצרנית השניה בגודלה, הרי שהיא הצרכנית השלישית בגודל. לגבי אירופה המצב הפוך: היא היצרנית השלישית בגודל והצרכנית השניה בגודל. ההפרש בין הייצור לבין הצריכה מתבטא כמובן במאזן המסחרי, כפי שנראה להלן.

לגבי קצב הגידול העולמי של הצריכה, לא מפתיע, כאמור, שגם הוא 12.5% בממוצע רב שנתי, ושווה בדיוק לקצב גידול הייצור העולמי הרב שנתי (הזכור לנו מטבלה 1 ומציור 1). אולם כאשר מסתכלים בשווקי הקניה של הגושים הגאוגרפיים רואים כי קצבי הגידול השנתיים הממוצעים של שווקי הצריכה שונים מאלה של הייצור. בולטת העובדה כי דוקא יפן מראה את הגידול המירבי בצריכה, 20.0%, כשאחריה צועדת אירופה עם 14.5%, "שאר העולם" עם 13.2%, ולבסוף ארה"ב עם 8.5%.

השוואת הייצור האלקטרוני עם השוק האלקטרוני בתוך כל גוש כלכלי (השוואת ציור 1 עם ציור 3, או השוואת טבלה 1 עם טבלה 3) מראה כי גם ביפן וגם באירופה קצב גידול השוק הפנימי גדול יותר מקצב גידול הייצור. בעוד ארה"ב

שומרת על קצבים שווים של גידול בשוק הפנימי ובייצור, הרי שגוש "שאר העולם" מראה קצב גידול הייצור שהוא גדול במידה ניכרת מקצב גידול השוק הפנימי.

ציור 3. התפתחות השוק העולמי של מוצרי אלקטרוניקה לפי אזורים בשנים 1984-1990 (G\$)

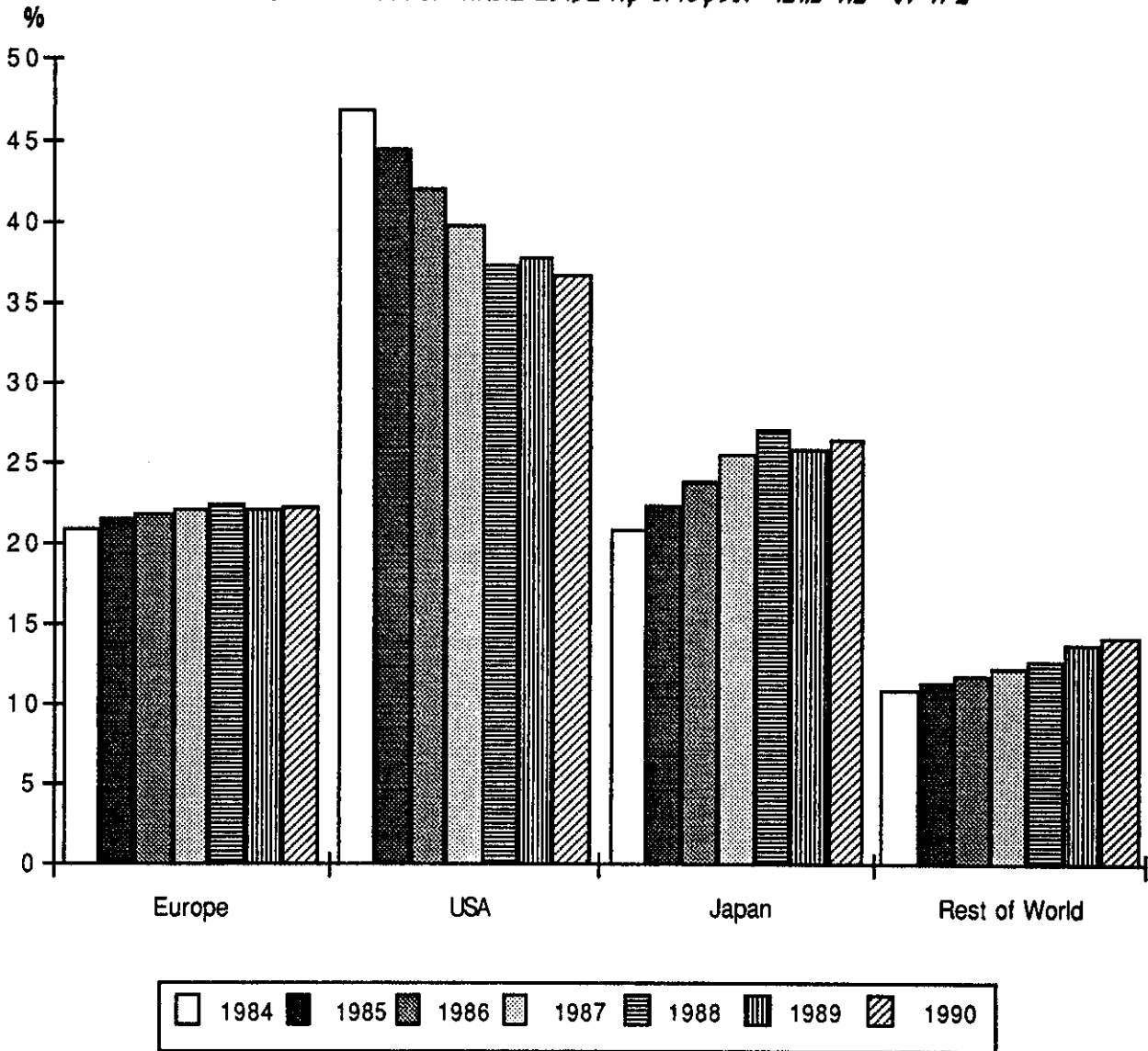


ציור 4 וטבלה 4 מראים מנקודת מבט אחרת את התפתחות הייצור של מוצרי האלקטרוניקה בגושי העולם השונים: הם מציגים את הקף הייצור באחוזים של הייצור השנתי בכל גוש כחלק מכלל הייצור בשנה הנמדונה.

1984-1990 באחוזים							שנה
1990	1989	1988	1987	1986	1985	1984	גושים
22.3	22.2	22.5	22.2	21.9	21.5	21.0	אירופה
36.9	37.9	37.5	39.8	42.2	44.6	47.0	ארה"ב
26.5	26.0	27.2	25.6	24.0	22.5	21.0	יפן
14.3	13.8	12.8	12.4	11.9	11.5	11.0	שאר העולם
100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	סה"כ

טבלה 4. הייצור בגושי העולם כאחוזים מכלל הייצור העולמי

ציור 4. ייצור מוצרי אלקטרוניקה בעולם באחוז מכלל הייצור העולמי



העובדות הבולטות לעין הן: ירידת חלקה היחסי של ארה"ב בייצור העולמי בתחילת התקופה והתייצבות מסויימת בשנים האחרונות 1988-1990, עליה חזקה של חלקה היחסי של יפן תוך התייצבות בשנים האחרונות, עליה מתונה יותר של חלקה היחסי של אירופה ושל "שאר העולם".

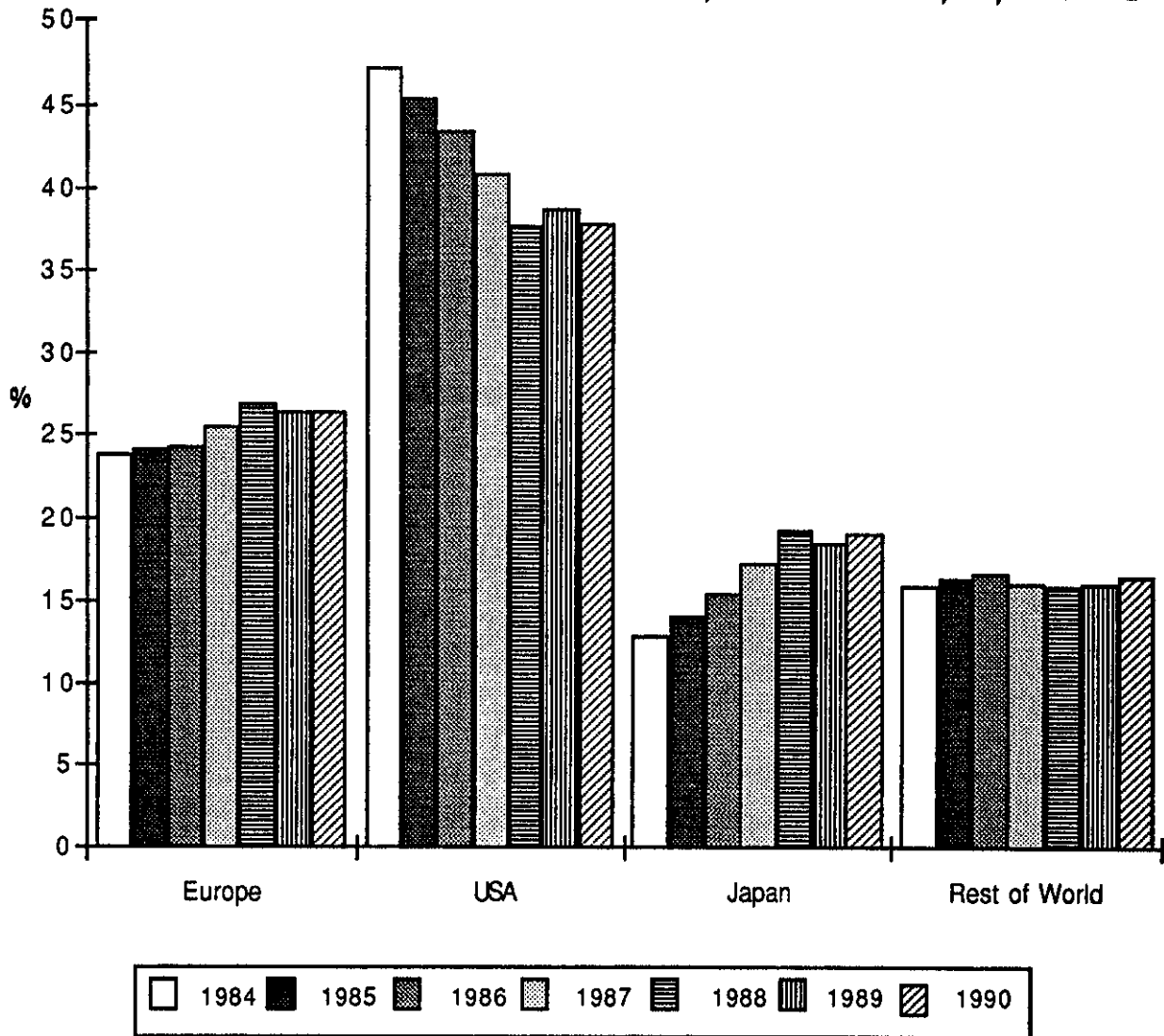
ציור 5 וטבלה 5 מראים מאותה נקודת המבט את התפתחות שוקי הקניה של מוצרי האלקטרוניקה בגושי העולם השונים באחוזים של השוק השנתי בכל גוש כחלק מכלל השוק העולמי, בשנה הנידונה.

G\$ 1984-1990 (באחוזים)							שנה
1990	1989	1988	1987	1986	1985	1984	גושים
26.4	26.4	26.9	25.5	24.3	24.1	23.8	אירופה
37.9	38.8	37.7	40.9	43.5	45.4	47.3	ארה"ב
19.1	18.6	19.3	17.4	15.5	14.1	13.0	יפן
16.6	16.2	16.0	16.2	16.7	16.4	16.0	שאר העולם

טבלה 5. שווקי הקניה של מוצרים אלקטרוניים בגושי העולם כאחוזים מכלל הייצור העולמי

כאן בולטות לעין העובדות: ירידת חלקה היחסי של ארה"ב בצריכה היחסית העולמית עם השנים והתייצבות בשנים האחרונות 1988-1990, עליה חזקה של חלקה היחסי של יפן בצריכה תוך התייצבות בשנים האחרונות, עליה מתונה יותר של חלקה היחסי של אירופה ויציבות מסוימת בחלק היחסי של "שאר העולם". נראה כי המגמות כאן דומות למגמות של הייצור (ציור 4) אולם הסתכלות על המספרים מעידה כי בעוד יפן ייצרה יותר מאשר צרכה הרי ששאר הגושים צרכו יותר מאשר ייצרו. מצב זה המוכר לכולנו היטב מתבטא היטב בתמונת המאזן המסחרי המוצגת בציור 6.

ציור 5. שווקי הקניה של מוצרים אלקטרוניים בעולם כאחוז מכלל הייצור העולמי בשנים 1984-90



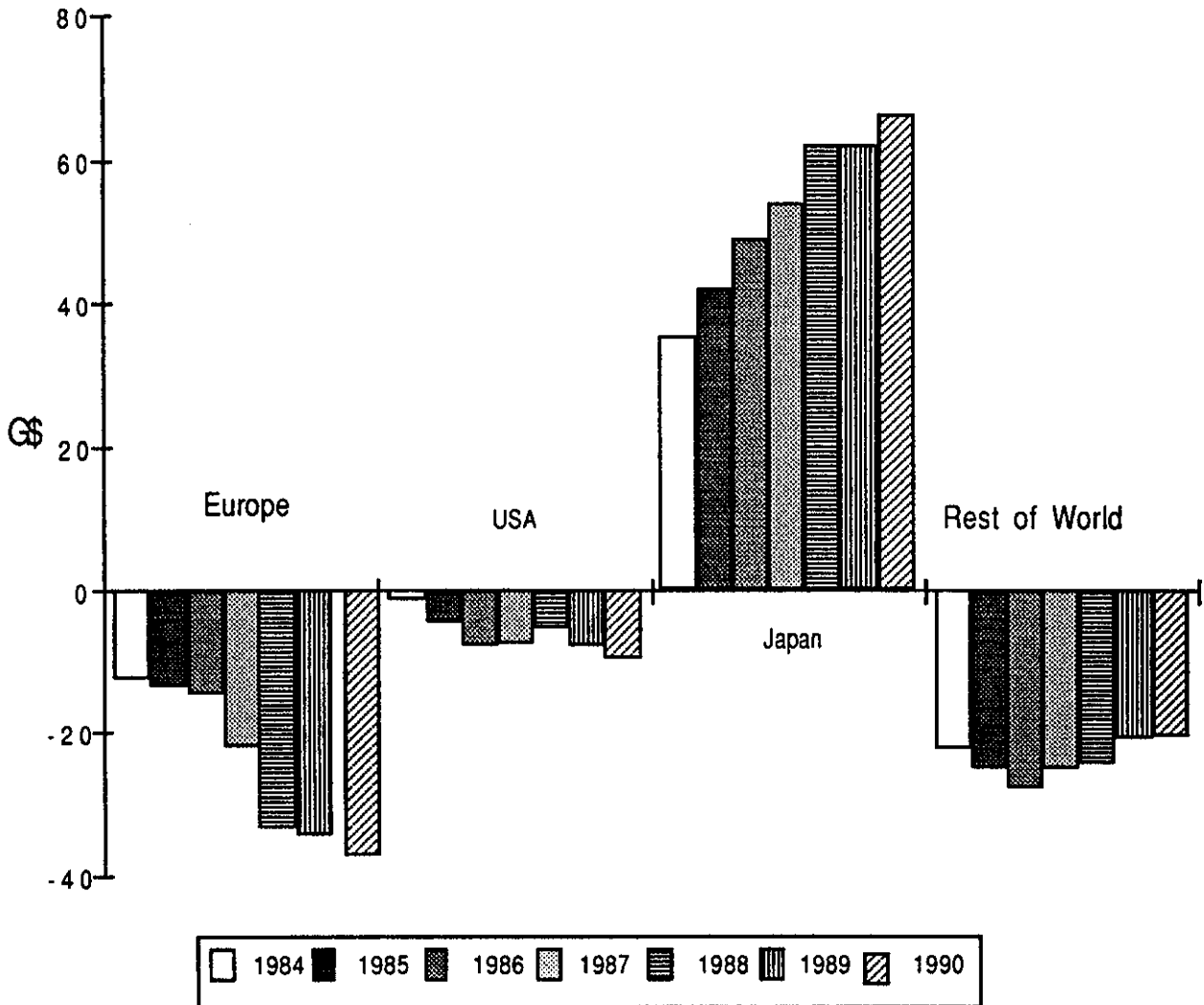
מאזן היצוא והיבוא העולמי של מוצרי האלקטרוניקה

G\$ 1984-1990							שנה
1990	1989	1988	1987	1986	1985	1984	גושים
-37.0	-34.2	-33.1	-21.9	-14.3	-13.3	-12.2	אירופה
-9.4	-7.7	-5.2	-7.2	-7.5	-4.3	-1.2	ארה"ב
66.7	62.7	62.6	54.3	49.5	42.5	35.5	יפן
-20.4	-20.8	-24.3	-25.2	-27.7	-24.9	-22.1	שאר העולם

**טבלה 6.** התפתחות המאזן המסחרי של מוצרי האלקטרוניקה של גושי העולם.

**ציור 6** וטבלה 6 מראים את התפתחות המאזן המסחרי של מוצרי האלקטרוניקה, יצוא פחות יבוא, של כל אחד מגושי העולם. (סכום כל עמודה שווה לאפס). כאמור, רק יפן מראה מאזן חיובי בעוד שאר גושי העולם מראים מאזן שלילי במשך כל התקופה של שבע השנים האחרונות. יתר על כן עודף היצוא על היבוא של יפן הלך וגדל בהתמדה במשך השנים. אירופה מראה יבוא נטו גדול אשר הולך וגדל וארה"ב מראה יבוא נטו קטן יותר, אשר הולך וגדל. גוש "שאר העולם" מראה אומנם יבוא גדול שהלך וגדל עד שנת 1986 אך לאחר מכן הלך יבוא זה והצטמצם. השינוי הזה במגמת היבוא של גוש זה נובע כנראה מהגדלת הייצוא מארצות כמו טייוואן, קוריאה הדרומית, הונג קונג וסינגפור.

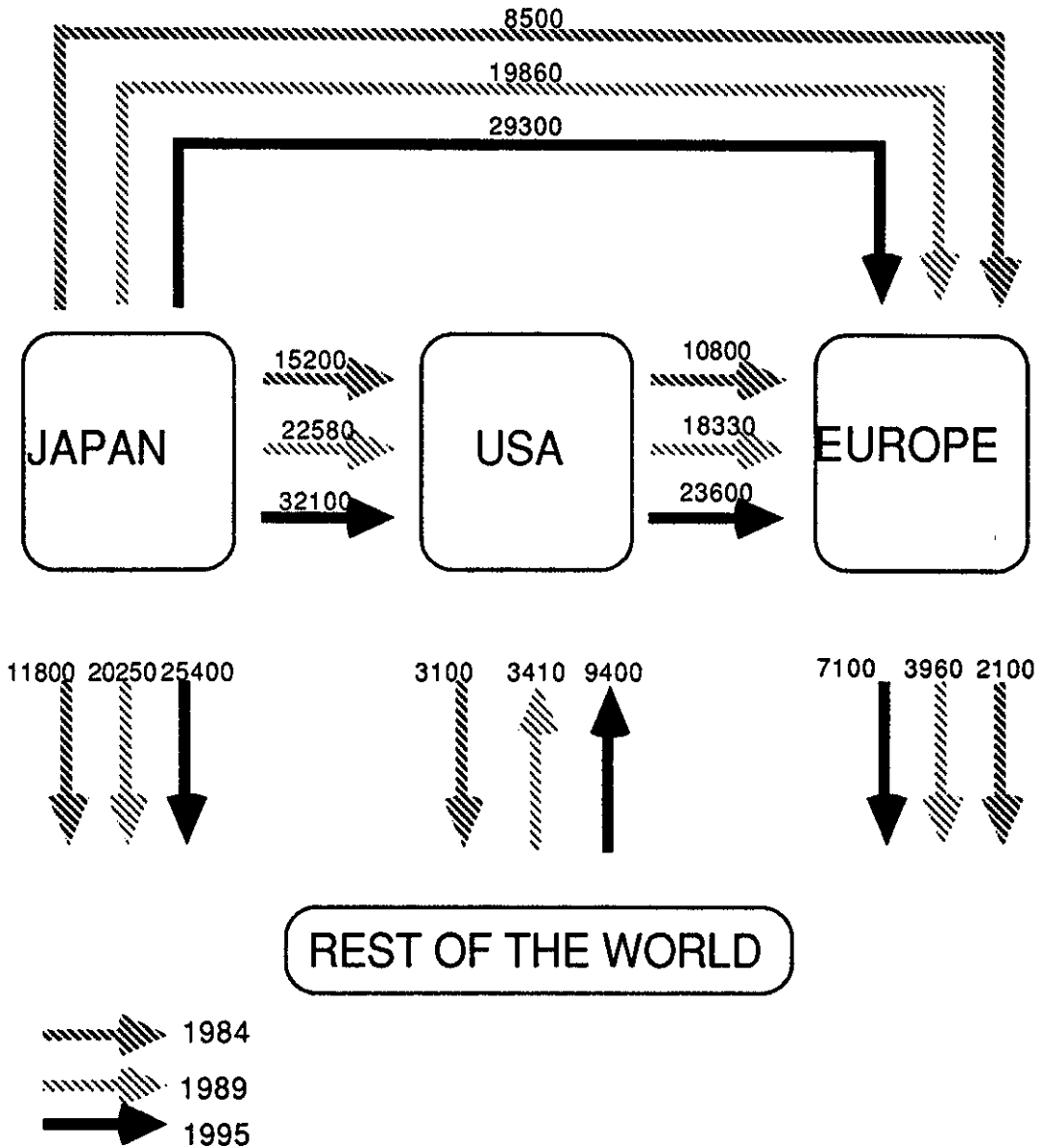
ציור 6. התפתחות המאזן המסחרי של מוצרי אלקטרוניקה בעולם בשנים 1984-90



ציור 7 מראה את התפתחות המאזן המסחרי של מוצרי האלקטרוניקה בין גושי העולם בצורה ציורית יותר, באמצעות חיצים המקשרים בין הגושים השונים. כל חץ מייצג מעבר נטו של מוצרים אלקטרוניים ביחידות של Ms (M=מיליון), והחיצים מתייחסים לאחת מן השנים 1984, 1989, 1995. יש להתייחס כמובן בזהירות לתחזית של שנת 1995 שנעשתה על ידי אקסטרפולציה [1].



ציר 7: התפתחות המאזן המסחרי של מוצרי אלקטרוניקה בין גושי העולם 1984-1989-1995, M\$



ציר זה מראה שוב כי ליפן מאזן חיובי שהולך וגדל עם שאר גושי העולם במשך כל התקופה הנ"ל. נשים לב כי בעוד לאירופה ישנו מאזן שלילי עם יפן וארה"ב הרי שיש לה מאזן חיובי עם "שאר העולם" שהולך וגדל עם הזמן. נא לשים לב כי לארה"ב ישנו כל השנים עודף הולך וגדל של יצוא על היבוא לגבי אירופה. אולם בעוד שבשנת 1984 ייצאה ארה"ב נטו ל"שאר העולם" הרי שבשנים שלאחר מכן התהפכה המגמה וארה"ב התחילה לייבא נטו מארצות אלו.

### הגדרת מגזרי התעשייה האלקטרונית

עד כה דובר על כלל מוצרי האלקטרוניקה בהקשרים שונים, ואילו בשלב זה נבדוק את **מגזרי התעשייה האלקטרונית** העולמית. תחילה יש לסכם עמדה לגבי הגדרת המגזרים השונים של התעשייה האלקטרונית, כי מקורות מידע שונים נוקטים שיטות מיון שונות. ידוע גם שלא קל להפריד באופן חד-משמעי בין מגזרים שונים. במגזר המחשבים למשל לא ניתן כמעט להפריד בין חומרה לתוכנה. כמו כן, במערכות תעשייתיות ורפואיות נמצאים לרוב מחשבים. האם מחשבים אלו צריכים במגזר המחשבים או במגזר הציוד הרפואי? לו היה הדבר נתון בידינו אפשר היה להחליט על עקרונות מיון, כגון למיין לפי סוג הטכנולוגיה ואפשר היה להחליט לחילופין למיין על פי העיקרון של יעד השימוש. בפועל ישנו ערבוב של שיטות מיון שונות ובשלב זה אין ברירה אלא לקבל את שיטת המיון של אותו המוסד שממנו אנו שואבים את הנתונים.

מכיוון שמרבית המידע המוצג כאן בא מן המקור [1], נאמץ את חלוקת המגזרים הנקוטה על ידו (טבלה 7) ולאחר מכן ננסה לחפש התאמה עם שיטות חלוקה אחרות:

### מוצרי צריכה אלקטרוניים Consumer Electronics:

מכשירי רדיו, מכשירי טלביזיה, רשמי סרט שמע, רשמי סרט וידאו, ציוד שמע בנאמנות גבוהה וכו'

### רכיבים אקטיביים Active Components:

רכיבי מוליכים למחצה בדידים ואינטגרטיביים, שפופרות שידור, שפופרות מסך תצוגה, ספקים מיוצבים וכו'

### רכיבים פסיביים Passive Components:

נגרים, קבלים, סלילים, שנאים, מימסרים, מחברים, כרטיסים מודפסים וכו'

### ציוד מדידה אלקטרוני Measurement Instruments:

אוסצילוסקופים, נתחים לוגיים, מכשירי מדידה כימיים ופיוזיקליים וכו'

### ציוד תעשייתי ואוטומטיקה Automation and Industrial Data Processing:

רובוטים, ציוד בקרה תעשייתית, ציוד בקרה לעיבוד שבבי, ציוד CAM/CAD וכו'

### ציוד אלקטרוני רפואי Medical Electronics:

קוצבי לב, ציוד דיאגנוסטיקה וניטור, ציוד הדמייה וצילום קרני רנטגן, סורקי

חתך של קרני רנטגן ותהודה מגנטית וכו'

### אלקטרוניקת גלים Professional Electronic Equipment:

ציוד רדיו נייד, משדרים ומקלטם של רדיו וטלביזיה, ציוד מיקרוגל לתקשורת, ציוד מכ"ם, ציוד ניווט, ציוד תקשורת

לוויינים וכו'

### טלפון ותקשורת קווית Telecommunications:

ציוד מרכזות טלפון ציבוריות ופרטיות וכו'

### מחשבים Computers:

חומרת מחשבים, ציוד הקפי, מחשבים אישיים, תחנות עבודה וכו'

### עיבוד נתונים ושרותים Services and Data Processing Software:

תוכנת מחשבים, תכנון הנדסי של מערכות אלקטרוניות, ייעוץ אלקטרוני וכו'

### אוטומציה משרדית Office Automation:

מכונות כתיבה אלקטרוניות, מעבדי תמלילים, מכונות צילום והעתקה, מכונות פקס וכו'

הייצור העולמי של מגזרי תעשיית האלקטרוניקה

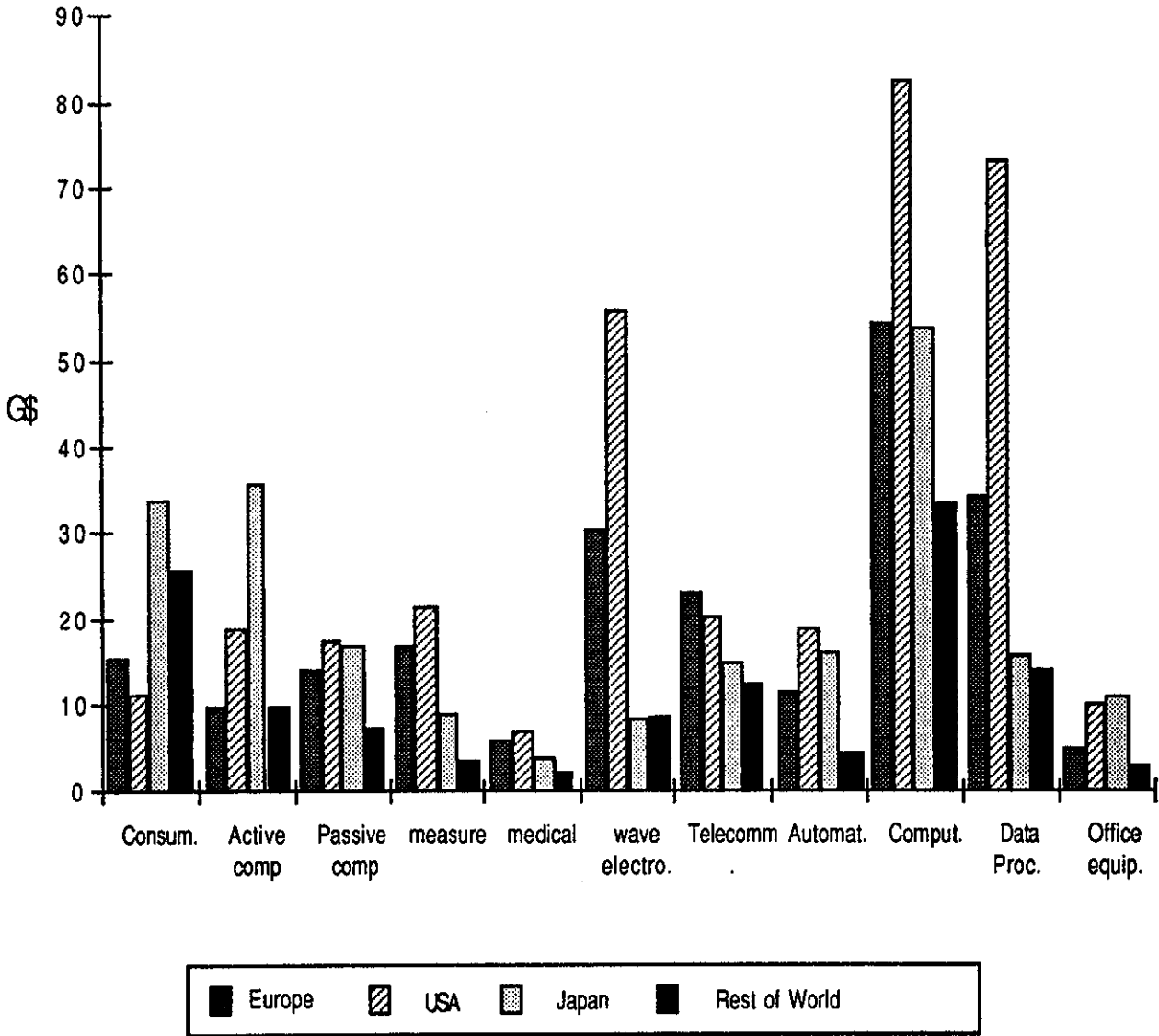
ציור 8 וטבלה 8 מראים את הקף הייצור של הגושים העולמיים במגזרי התעשייה האלקטרונית שהוגדרו לעיל, בשנת 1990 ביחידות של \$G. אלו מראים דומיננטיות של מגזר חומרת המחשבים לגבי שאר המגזרים ודומיננטיות של ארה"ב במגזר זה, עם ייצור של \$83 G. דומיננטיות זו עוד מתחזקת אם מסתכלים גם על מגזר עיבוד הנתונים שבו הגיעה ארה"ב לייצור של \$74 G. אירופה ויפן קרובות למדי זו לזו בנושא של חומרת המחשבים אולם יפן חלשה מאירופה במידה ניכרת בנושא של עיבוד נתונים.

סה"כ	ציוד משרדי	שרותים ועיבוד נתונים	מחשבים	תעשייתי ואוטו-מטיקה	ציוד טלפון	אלקטי גלים	ציוד רפואי	ציוד מדידה	רכיבים פסיבים	רכיבים אקטיבים	מוצרי צריכה	
221.0	5.0	34.5	54.5	11.5	23.0	30.5	6.0	16.8	14.0	9.7	15.5	אירופה
338.0	10.0	73.5	83.0	19.0	20.2	56.0	7.0	21.5	17.6	19.0	11.2	ארה"ב
220.0	11.0	15.8	54.0	16.1	14.8	8.4	3.9	9.0	17.0	36.0	34.0	יפן
125.0	3.0	14.2	33.5	4.4	12.5	8.6	2.1	3.7	7.4	9.8	25.8	שאר העולם
904.0	29.0	138.0	225.0	51.0	70.5	103.5	19.0	51.0	56.0	74.5	86.5	סה"כ עולם

טבלה 8. הקף הייצור של הגושים העולמיים במגזרי התעשייה האלקטרונית בשנת 1990, ביחידות של \$G.

המגזר הבא המשמעותי מבחינת גודלו ומבחינת הדומיננטיות של ארה"ב הוא של אלקטרוניקת הגלים. מגזר זה כולל בקרבו גם את המגזר שאותו נהוג לקרוא בשם "אלקטרוניקה צבאית". אפשר להגיד כי גם הייצור הישראלי במגזר זה בסך של \$1.6 כלול בעמודה של "שאר העולם".

ציור 8. היקף הייצור של הגושים העולמיים במגזרי התעשייה האלקטרונית בשנת 1990 ביחידות של G\$



במגזרים של מוצרי צריכה אלקטרוניים, רכיבים אקטיביים, ומוצרי משרד אלקטרוניים תופסת יפן את עמדת הבכורה, עובדה המוכרת לכולנו. אירופה שמרה על מעמדה הבכיר רק במגזר אחד, המגזר של טלפונאות, ציוד תקשורת טלפונית ("טלקומוניקציה").

ראוי עוד להעיר כי ארה"ב שומרת גם על עמדה בכירה במגזרים נוספים של ציוד מדידה, ציוד רפואי, וציוד אוטומציה תעשייתית.

(הערה: ההבדל בין סך כל הייצור העולמי בטבלה 8, G\$ 904.0, לבין הערך המצוטט בטבלה 1, G\$ 899, מקורו הוא בכך שנתוני 1990 הם בגדר נתונים בלתי סופיים [1]. אי-הדיוק הוא קטן מאתחז אחד ואינו משמעותי לגבי המגמות הנראות בנתונים.)

ציור 9 וטבלה 9 מראים את מגמות ההתפתחות של השיווק במגזרי תעשיית האלקטרוניקה בשנים 1984-1989-1995.

שיווק ב-G\$												
סה"כ	ציוד משרדי	שרותים ועיבוד נתונים	מחשבים	תעשייתי ואוטו-מטיקה	ציוד טלפון	אלקטי גלים	ציוד רפואי	ציוד מדידה	רכיבים פסיבים	רכיבים אקטיבים	מוצרי צריכה	
442.5	22.0	42.0	105.0	25.0	38.5	54.0	8.7	28.8	30.5	38.0	50.0	1984
822.3	26.9	115.0	204.0	46.0	63.2	94.5	17.1	46.0	52.6	73.0	84.0	1989
1368.0	33.0	265.0	356.0	79.0	86.0	143.0	24.0	66.0	76.0	134.0	106.0	1995

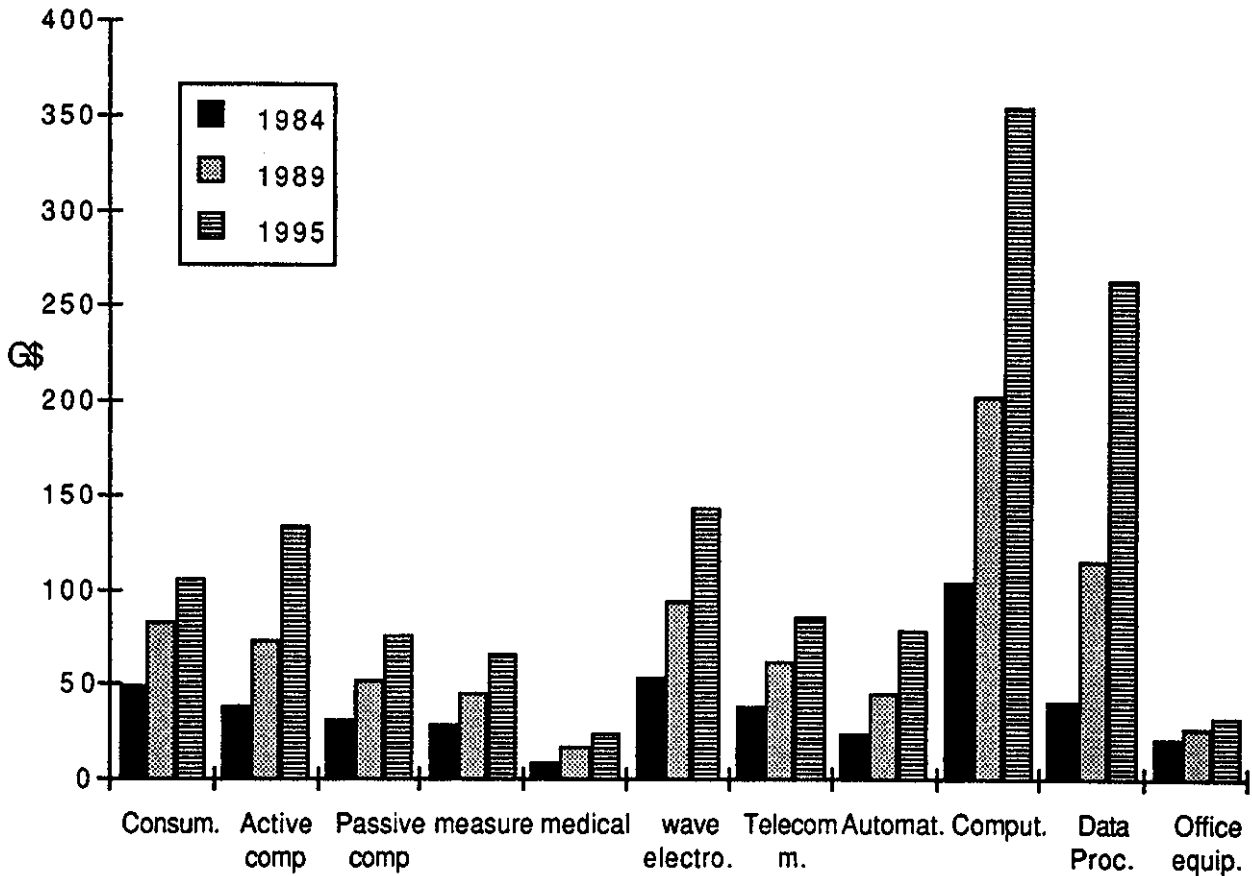
אחוזי גידול שנתי												
												84-89 אינטרפולציה
13.2	4.1	22.3	14.2	13.0	10.4	11.8	14.5	9.8	11.5	13.9	10.9	
8.9	3.5	14.9	9.7	9.4	5.3	7.1	5.8	6.2	6.3	10.7	4.0	89-95 אקסטראפולציה
10.8	3.8	18.2	11.7	11.0	7.6	9.3	9.7	7.8	8.7	12.1	7.1	84-95 אקסטראפולציה

טבלה 9: התפתחות מגזרי תעשיית האלקטרוניקה בשנים 1984 - 1990 - 1995

המספרים הרשומים בטבלה העליונה נקובים ב-G\$. שורות המספרים הרשומים עבור שנים 1984 ו-1989 הם מספרים שנרשמו על סמך ביצוע בפועל, אולם שורת המספרים שנרשמה עבור שנת 1995 היא בחזקת תחזית שנעשתה בנפרד עבור כל מגזר, ובתור תחזית יש להתייחס אליה בהסתייגות מסויימת. לפי תחזית זו יגיע ייצור מגזר המחשבים לסך G\$ 356, ייצור מגזר עיבוד הנתונים יגיע לסך G\$ 265 וייצור הרכיבים האקטיביים לסך G\$ 134 וכו'. המגזר של אלקטרוניקת הגלים צפוי לייצור של G\$143.

לצורך בדיקת הבסיס לתחזית של השיווק בשנת 1995, נרשמה טבלה 9 התחתונה הנותנת את שיעורי הגידול השנתי הממוצע לפי חישובים של שנים שונות.

ציור 9. התפתחות מגזרי תעשיית האלקטרוניקה בשנים 1984-1989-1995



שורה אחת בודקת באמצעות איטרפולציה את שיעורי הגידול השנתי הממוצע של המגזרים השונים בין השנים 1984 - 1989, וזאת תוך התייחסות למספרי שנים אלו כאילו היו אברי טור גאומטרי במרווח של חמש שנים. בשורה זו רואים למשל כי שיעור הגידול השנתי של מגזר חומרת מחשבים היה 14.2% ואילו זה של מגזר עיבוד הנתונים היה אפילו גדול מזה, 22.3% (!). מגזר הציוד הרפואי גדל בקצב שהוא גדול במשהו מזה של חומרת מחשבים, 14.5%, אם כי כמובן בהקף קטן בהרבה. המגזר של אלקטרוניקת הגלים הראה שיעור גידול של 11.8%.

שורה שניה בודקת את האקסטרפולציה על פי נתוני השנים 1989, 1995, כשמרווח השנים כאן הוא שש. שיעורי הגידול השנתי הממוצע הם קטנים יותר מביצועי העבר ואנו מסיקים מכך כי התחזית היא לכן זהירה למדי. אולם עדיין צפוי שיעור גידול שנתי מירבי למגזר עיבוד הנתונים, 14.9%. לגבי המגזר של אלקטרוניקת הגלים צפוי שיעור גידול של 7.1%.

השורה האחרונה בודקת את האקסטרפולציה על פי נתוני השנים 1984, 1995, כשמרווח השנים כאן הוא אחת-עשרה. כפי שניתן לנחש, שיעורי גידול אלו הם ערכי ביניים בין שתי השורות הקודמות.

### הבעלות והשליטה על הייצור האלקטרוני בגושי העולם השונים

הנושא הבא שידובר בו הוא הנושא של הבעלות והשליטה על הייצור האלקטרוני בגושי העולם השונים.

ציור 10 וטבלה 10 מראה באלו גושים כלכליים נמצאים הבעלים של מפעלי הייצור בכל גוש.

בעמודה הראשונה מפורטים הגושים שיש להם בעלות על הייצור. בשורה העליונה מפורטים הגושים בהם מתקיים

הייצור. למשל, גוש אירופה שולט ב-4% בייצור של ארה"ב בעוד גוש ארה"ב שולט ב-21% מן הייצור האירופי.

המספרים הם באחוזים.

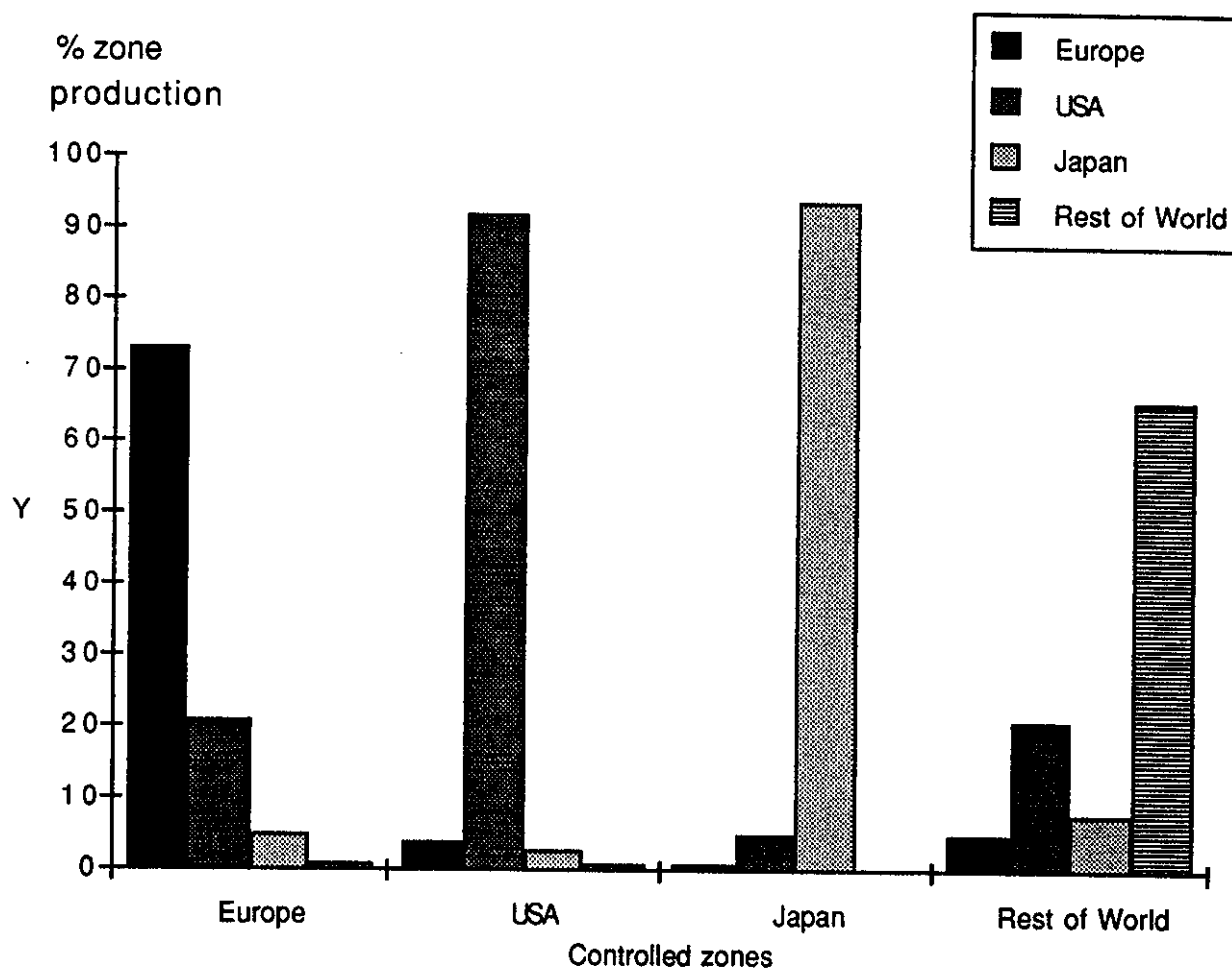
מיקום הייצור	אירופה	ארה"ב	יפן	שאר העולם
אירופה	73	4	1	5
ארה"ב	21	92	5	21
יפן	5	3	94	8
שאר העולם	1	1	0	66
סה"כ	100	100	100	100

טבלה 10. הבעלות והשליטה על הייצור האלקטרוני בגושי העולם השונים.



הציור מראה עובדה שהיא די הגיונית: בכל גוש השליטה המקומית בייצור היא השליטה המכרעת. במיוחד נראה הדבר ביפן בה 94% מן השליטה נמצאת בידיים יפניות. אפילו בגוש "שאר העולם" השליטה נמצאת ב-66% בידיים מקומיות. "שליטה" כאן משמעותה בעלות של לפחות 51% על החברה המייצרת. אפשר עוד לראות כי באירופה ישנה בעלות ניכרת של ארה"ב על ייצור מוצרי אלקטרוניקה, 21%. גם בגוש "שאר העולם" ישנה בעלות ניכרת של ארה"ב באותו שיעור. בולט במיוחד האחוז הקטן של שליטה זרה ביפן ובארה"ב.

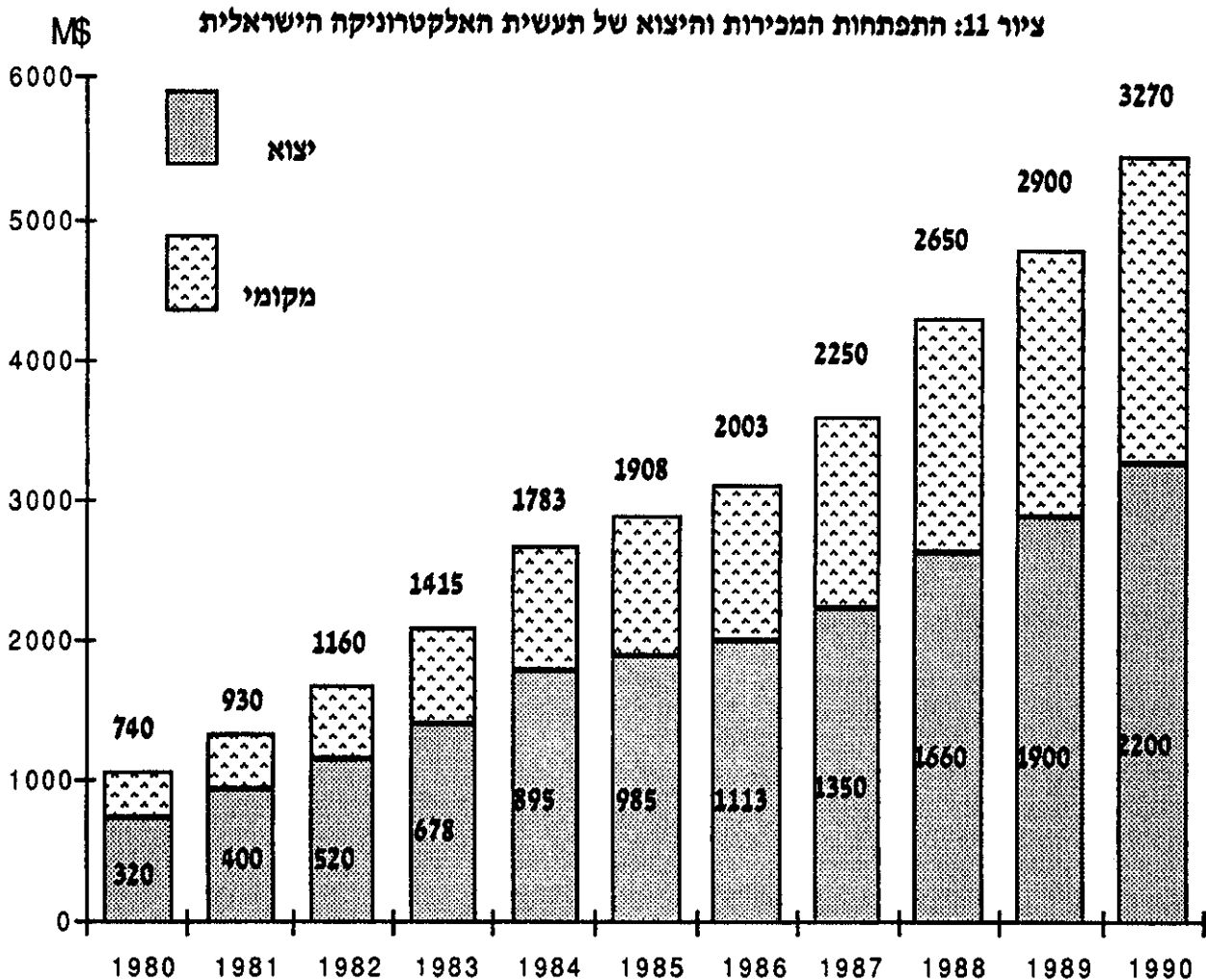
### ציור 10. הבעלות והשליטה על הייצור האלקטרוני בעולם באחוזים



### 3. מיפוי וסקירה כללית של התעשייה האלקטרונית הישראלית:

#### המכירות והיצוא של התעשייה האלקטרונית הישראלית

התפתחות תעשיית האלקטרוניקה הישראלית מוצגת בציור 11 וטבלה 11 אשר מראים את המכירות ואת היצוא של תעשייה זו במשך השנים 1981 - 1990. נתונים אלו התקבלו מן המקור [2]. בולט בציור זה הגידול המתמיד בהקף המכירות ובהקף היצוא במהלך תקופה זו.



העמדה השמאלית ביותר בטבלה 11 נותנת את שיעור הגידול הממוצע על סמך נתוני השנים 1980 ו-1990. שיעור גידול של 14.5% במכירות הוא השג חשוב של התעשייה האלקטרונית הישראלית. אם מבקשים להשוות את שיעור הגידול הזה עם שיעור הגידול העולמי, שכאמור הגיע ל-12.5% (ציור 1 וטבלה 1), נראה כי התעשייה האלקטרונית הישראלית הקדימה את התעשייה העולמית בשיעור הגידול הממוצע. אולם נשים לב כי החישוב לגבי התעשייה הישראלית נעשה לגבי תקופה ארוכה יותר, המתחילה ב-1980. אם נשווה את תקופות הזמן לגבי שני החישובים, שנים 1984 - 1990, נצטרך לחשב מחדש את שיעור הגידול הישראלי. מתקבל אז שיעור גידול של מכירות של התעשייה האלקטרונית הישראלית של 10.6% בלבד, כלומר נמוך מזה העולמי, ובודאי נמוך משיעורי הגידול של "שאר העולם", יפן ואפילו אירופה.

גידול ב-%	1990	1989	1988	1987	1986	1985	1984	1983	1982	1981	1980	
מכירות M\$	3270	2900	2650	2250	2003	1908	1783	1415	1160	930	740	
יצוא M\$	2200	1900	1660	1350	1113	985	895	678	520	400	320	
יצוא / מכירות %	67	66	63	60	56	52	50	48	45	43	43	

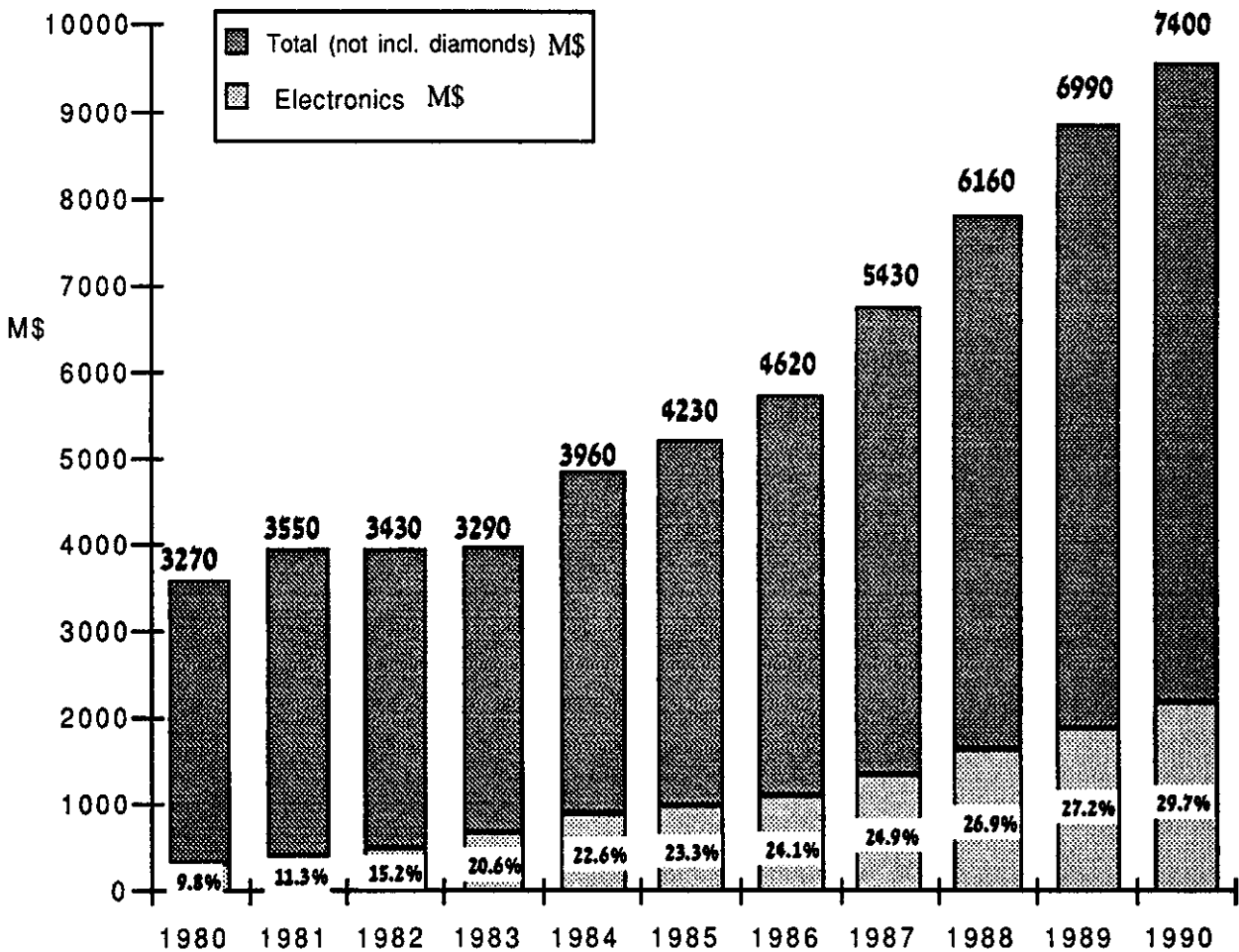
**טבלה 11.** המכירות והיצוא של התעשייה האלקטרונית במשך השנים 1980 - 1990 (מקור 2).

עוד עובדה חשובה מתבררת מן הטבלה, היצוא האלקטרוני הישראלי עלה במשך השנים בשיעור גידול שהוא גבוה בהרבה מזה של כלל המכירות, 19.2%, אם לוקחים את התקופה 1980 - 1990, ו-16.2% אם לוקחים בחשבון את התקופה 1984 - 1990. ניתן לראות את הגידול של היצוא באחוזים יחסית לכלל המכירות בשורה התחתונה של הטבלה. מ-43% עלה היצוא ל-67% של כלל מכירות מוצרי האלקטרוניקה. נשווה הישג זה של יצוא התעשייה האלקטרונית עם היצוא של כלל התעשייה הישראלית:

**ציור 12 וטבלה 12** מביאים השוואה בין התפתחות כלל היצוא של מדינת ישראל ללא יהלומים (מקור [3]) עם היצוא של התעשייה האלקטרונית, היחידות הן M\$.

גידול שנתי %-ב	1990	1989	1988	1987	1986	1985	1984	1983	1982	1981	1980	יצוא M\$
19.2	2200	1900	1660	1350	1113	985	895	678	520	400	320	אלקטרוני.
7.7	7400	6991	6163	5426	4616	4231	3956	3292	3426	3548	3265	סה"כ לא כולל יהלומים
10.6	29.7	27.2	26.9	24.9	24.1	23.3	22.6	20.6	15.2	11.3	9.8	יצוא/סה"כ %-ב

טבלה 12. השוואת כלל היצוא של מדינת ישראל ללא יהלומים עם היצוא של התעשייה האלקטרונית  
ציור 12. השוואת כלל היצוא של מדינת ישראל ללא יהלומים עם היצוא של התעשייה האלקטרונית



הציור מראה את הגידול ביצוא הישראלי הכללי ללא יהלומים, ואם גידול זה מחושב לפי נתוני 1980 ו-1990 הרי שקצב הגידול השנתי הממוצע היה 7.7%. אולם קצב גידול זה הוא קטן מאוד יחסית לקצב הגידול של היצוא האלקטרוני שהיה כאמור 19.2%. ניכר כי בעצם חלה הקטנה ביצוא הכללי בשנים 1982 ו-1983, צלקת בתמונת היצוא שאת סיבתה ודאי אפשר למצוא בהיסטוריה של כלכלת ישראל.

גם אם בדקים לפי נתוני 1984 ו-1990 את הגידול של היצוא הישראלי הכללי ללא יהלומים, הרי שקצב הגידול השנתי הממוצע היה 11.0%, קצב גידול שגם הוא קטן יחסית לקצב הגידול של היצוא האלקטרוני שהיה כאמור 16.2%, בתקופה זו.

### שווקי היצוא של תעשיית האלקטרוניקה הישראלית

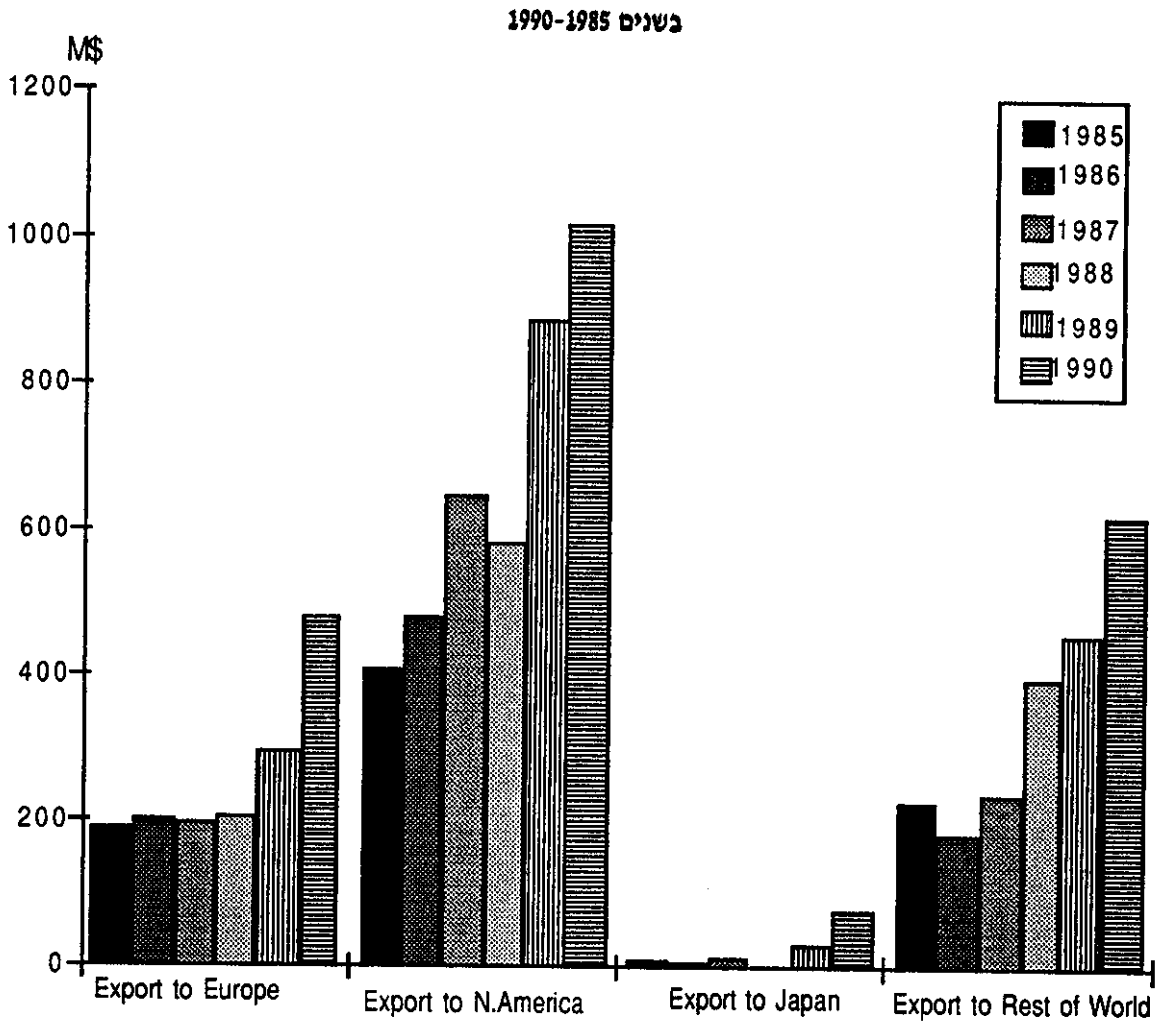
ציור 13 וטבלה 13 מביאים את גודלם של שווקי היצוא של מפעלי התעשייה המאוגדים באיגוד תעשיית האלקטרוניקה התעשייה האלקטרונית ב-M\$, בשנים 1985 - 1990.

מציור זה ניתן לראות כי שוק היצוא העיקרי למוצרי אלקטרוניקה הישראליים הוא ארה"ב. היצוא לאירופה ולשאר העולם הוא ברמה דומה למדי, אם כי היצוא לאירופה הוא די יציב ואילו זה לשאר העולם נתון לשינויים מסויימים. היצוא ליפן הוא יחסית מזערי ויש לו נטיה קטנה של עליה. הפלוקטואציות במגמות היצוא, עליה שלאחריה ירידה, נובעים כנראה מן המספר הקטן של החברות המייצאות; די שבחברה אחת חלים שינויים בשווקי היצוא כדי שהדבר ישתקף במספרי היצוא.

1990	1989	1988	1987	1986	1985	
480	296	207	199	202	190	יצוא לאירופה
1020	887	583	647	480	409	יצוא לארה"ב
78	32	2	14	6	8	יצוא ליפן
622	458	399	237	185	228	יצוא לשאר העולם
2200	1673	1192	1097	873	834	סח"כ יצוא אלקטרוניקה

טבלה 13. שווקי היצוא של מפעלי איגוד תעשיית האלקטרוניקה, ב-M\$, בשנים 1985 - 1990.

ציון 13: שווקי היצוא של מפעלי איגוד תעשית האלקטרוניקה ב-M\$

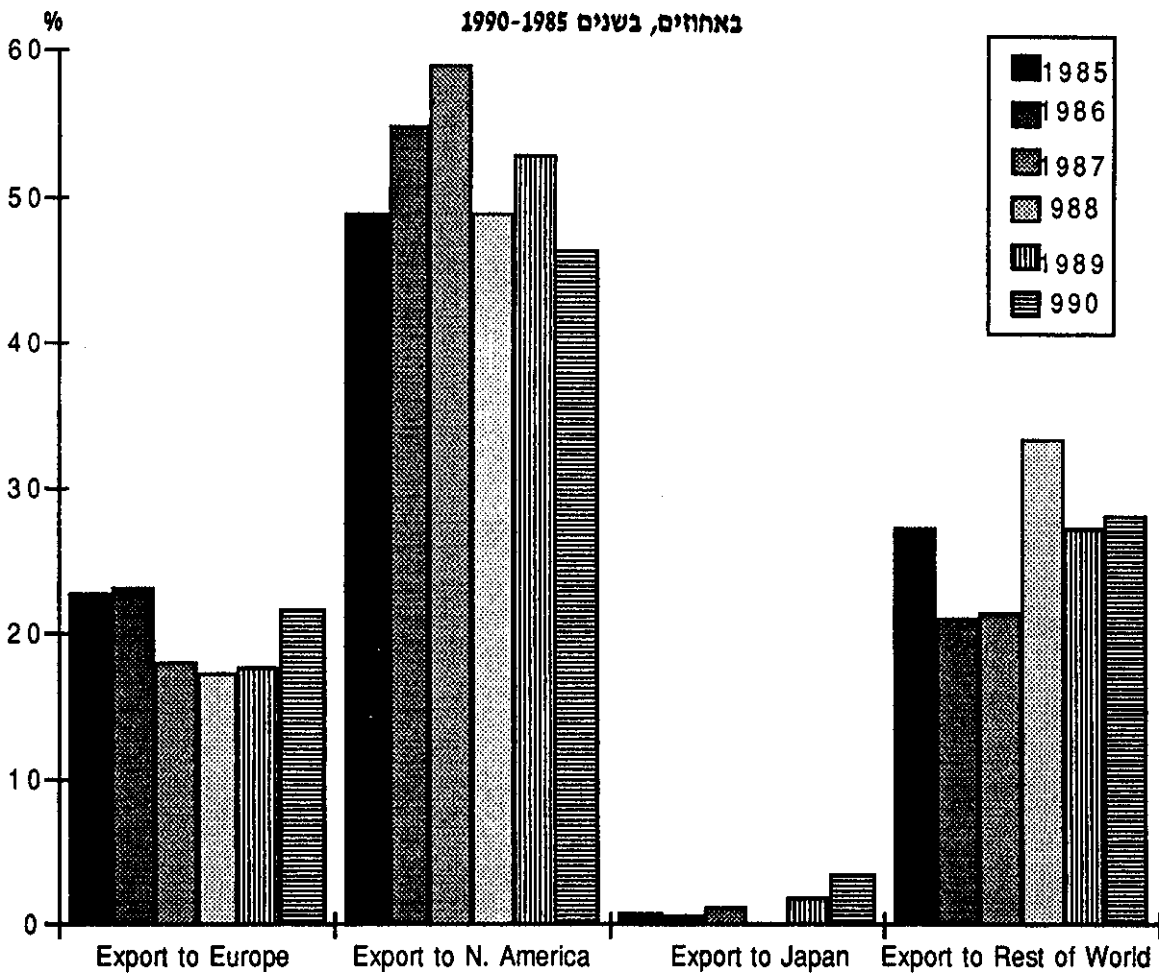


ראוי גם לבדוק את חלקם היחסי של שווקי היצור של תעשית האלקטרוניקה הישראלית ולא רק את גודלם; זאת נעשה על ידי הצגת ציון 14 וטבלה 14 המביאים את חלקם היחסי של שווקי היצוא של התעשייה האלקטרונית באחוזים, בשנים 1985 - 1990. התמונה המתקבלת היא תמונה של שינויים די גדולים בין שנה אחת למשנה, הנובעים כאמור מן המספר הקטן של החברות המייצאות.

1990	1989	1988	1987	1986	1985	
21.8	17.7	17.4	18.1	23.1	22.8	יצוא לאירופה
46.3	53.0	48.9	59.0	55.0	49.0	יצוא לצפון אמריקה
3.6	1.9	0.2	1.3	0.7	0.9	יצוא ליפן
28.3	27.4	33.5	21.6	21.2	27.3	יצוא לשאר העולם
100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	סה"כ יצוא אלקטרוניקה

טבלה 14. חלקם היחסי של שווקי היצוא של מפעלי איגוד התעשייה האלקטרונית באחוזים, בשנים 1985 - 1990.

ציור 14: חלקם היחסי של שווקי היצוא של מפעלי איגוד התעשייה האלקטרונית



מכירות ויצוא של מפעלי איגוד התעשייה האלקטרונית הישראלית לפי מגזרי תעשייה

הנושא הבא שלנו הוא חלוקת המכירות והיצוא של תעשיית האלקטרוניקה הישראלית לפי מגזרים. לא ניתן לקחת באופן פשוט את החלוקה למגזרי תעשייה אלקטרונית שהוצגה לעיל בטבלה 7, על פי מקור [1] ולהשתמש בה לתעשייה הישראלית. הסיבה לכך היא שישנם מגזרים שאין להם משמעות במציאות הישראלית. לדוגמה, בישראל אין כמעט בכלל תעשייה אלקטרונית המייצרת מוצרי צריכה, כמעט שאין תעשייה לייצור של ציוד מדידה אלקטרוני וכמעט שאין תעשייה העוסקת באוטומציה משרדית. לעומת זאת מגזר גדול מאוד עוסק במערכות צבאיות שאין לו מקביל חד-משמעי בשיטת המיון של טבלה 7. מכיוון שמרבית הנתונים הקשורים בתעשייה האלקטרונית הישראלית באים מאיגוד תעשיית האלקטרוניקה [3] נאמץ את שיטת החלוקה למגזרים הנקוטה על ידם. נרשום אפוא את החלוקה הזו ואת הקשר המקורב שלה עם המיון מטבלה 7.

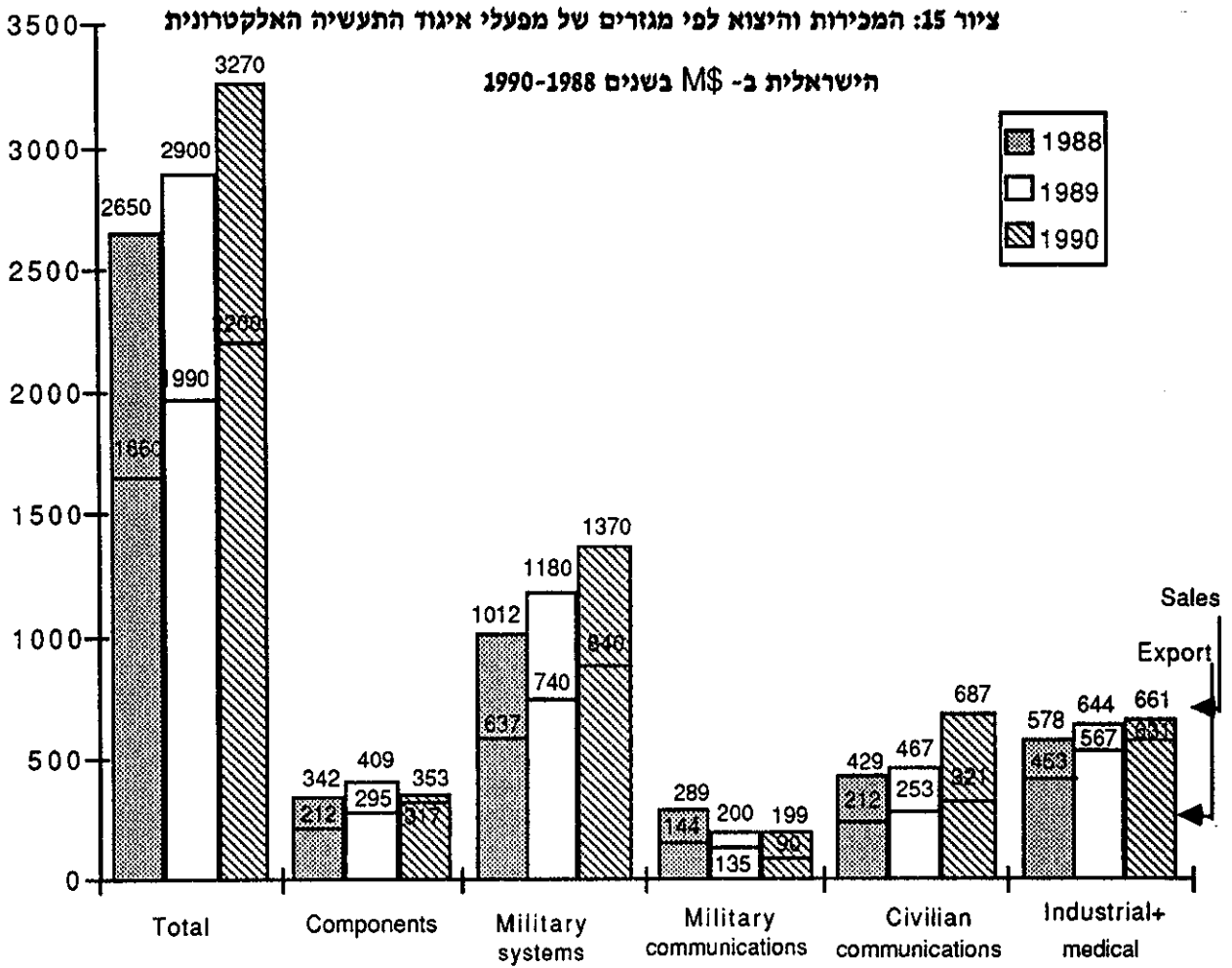
<u>מיון לפי מקור [1]</u>	<u>מיון לפי מקור [2]</u>
רכיבים פסיביים ורכיבים אקטיביים	רכיבים
אלקטרוניקת גלים, חומרת מחשבים	מערכות צבאיות
אלקטרוניקת גלים	תקשורת צבאית
אלקטרוניקת גלים, חומרת מחשבים, טלפון ותקשורת קווית	תקשורת אזרחית
ציוד תעשייתי ואוטומטיקה, ציוד אלקטרוני רפואי	אלקטרוניקה תעשייתית ורפואית

ציור 15 וטבלה 15 המביאים את הקף המכירות והיצוא לפי מגזרים של מפעלי איגוד התעשייה האלקטרונית הישראלית ב-1988, Ms, בשנים 1988 - 1990. התמונה המתקבלת היא: גידול ניכר במכירות וביצוא במגזר התקשורת האזרחית ובמגזר המערכות הצבאיות; גידול קטן יותר בכלל המכירות תוך גידול משמעותי יותר ביצוא מראים המגזרים של הרכיבים ושל הציוד התעשייתי-רפואי; ירידה במכירות וביצוא של מגזר התקשורת הצבאית.



מכירות M\$	רכיבים	מערכות צבאיות	תקשורת צבאית	תקשורת אזרחית	תעשיתית רפואית	סה"כ
1988	34185	1012.30	288.85	429.30	577.70	2650
1989	408.90	1180.30	200.10	466.90	643.80	2900
1990	353.16	1370.13	199.47	686.70	660.54	3270
גידול שנתי (%)	1.6	16.3	-16.9	26.5	69	11.1
יצוא M\$						
1988	212.48	637.44	144.42	212.48	453.18	1660
1989	294.52	740.28	135.32	252.73	567.15	1990
1990	316.80	840.40	90.20	321.20	631.40	2200
גידול שנתי (%)	22.1	14.8	-21.0	23.0	18.0	15.1

טבלה 15. המכירות והיצוא לפי מגזרים של התעשייה האלקטרונית הישראלית ב-M\$, בשנים 1988-1990

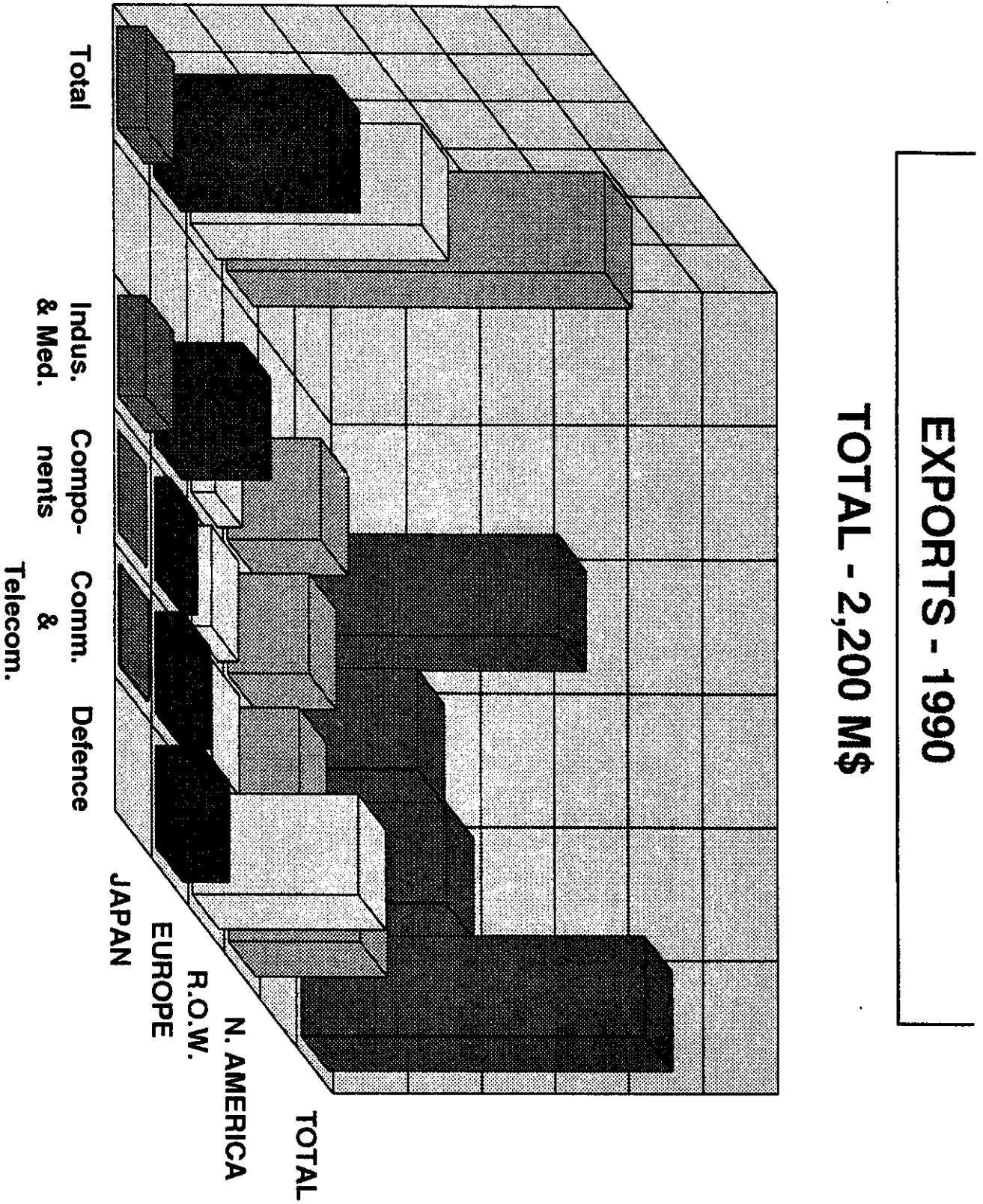


ציור 16 וטבלה 16 המביאים את חלוקת היצוא לפי הגושים גיאוגרפיים של מגזרי מפעלי איגוד התעשייה האלקטרונית הישראלית ב-M\$, בשנת 1990.

מכירות ליצור M\$	רכיבים	מערכות צבאיות	תקשורת צבאית	תקשורת אזרחית	תקשורת מחשבים	תעשיית רפואית	סך היצוא
אירופה	40.4	95.0	30.0	40.2	34.9	239.0	479.5
צפון אמריקה	219.6	315.3	40.0	133.9	59.6	251.7	1020.1
יפן	-	-	-	3.0	2.5	72.8	78.3
שאר העולם	53.9	428.4	20.0	47.5	7.1	65.2	622.1
סך היצוא	313.9	838.7	90.0	224.6	104.1	628.7	0.0

טבלה 16. חלוקת היצוא של מפעלי איגוד התעשייה האלקטרונית הישראלית לפי מגזרים וגושים, בשנת 1990

ציור 16. היצוא לפי הגושים גיאוגרפיים של מגזרי מפעלי איגוד התעשייה האלקטרונית הישראלית  
ב-M\$ , בשנת 1990 [2].



תעסוקה ומבנה כוח-אדם בתעשייה האלקטרונית

ציור 17 וטבלה 17 מביאים את ההתפתחות של התעסוקה במפעלי איגוד התעשייה האלקטרונית הישראלית בין השנים 1982 - 1990. לאחר עליה בתעסוקה בשנים 1982, 1983 מגיע שיא התעסוקה בשנת 1984. משנה זו ואילך חלה ירידה איטית וקבועה. עם זאת, כאשר בודקים את הרכב כוח האדם רואים כי אחוז הטכנאים המהנדסים והמדענים הלך ועלה בהתמדה מ-42% ל-53%, ואחוז המהנדסים והמדענים עלה מ-19.8% ל-28.8%. יש כמובן סיבה להתפתחות זו, כאשר התעשייה נדחפה ליתר יעילות וליתר תיחכום במוצריה. יש מכך לקבל רמז לגבי הנדרש בעתיד בתחום כוח האדם ולגבי הכשרת כוח אדם.

תעסוקה	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
# מועסקים	29600	34300	38200	37100	36100	35500	33750	33000	32400
# טכנאים	6590	7330	8440	8450	8460	8400	7810	7680	7750
# מהנדסים ומדענים	5870	6990	8630	9490	9520	9500	9300	9220	9330
% טכנאים	22.3	21.4	22.1	22.8	23.4	23.7	23.1	23.3	23.9
% מהנדסים ומדענים	19.8	20.4	22.6	25.6	26.4	26.8	27.6	27.9	28.8
% טכנ. + מהנ. + מדענ.	42.1	41.7	44.7	48.4	49.8	50.4	50.7	51.2	52.7

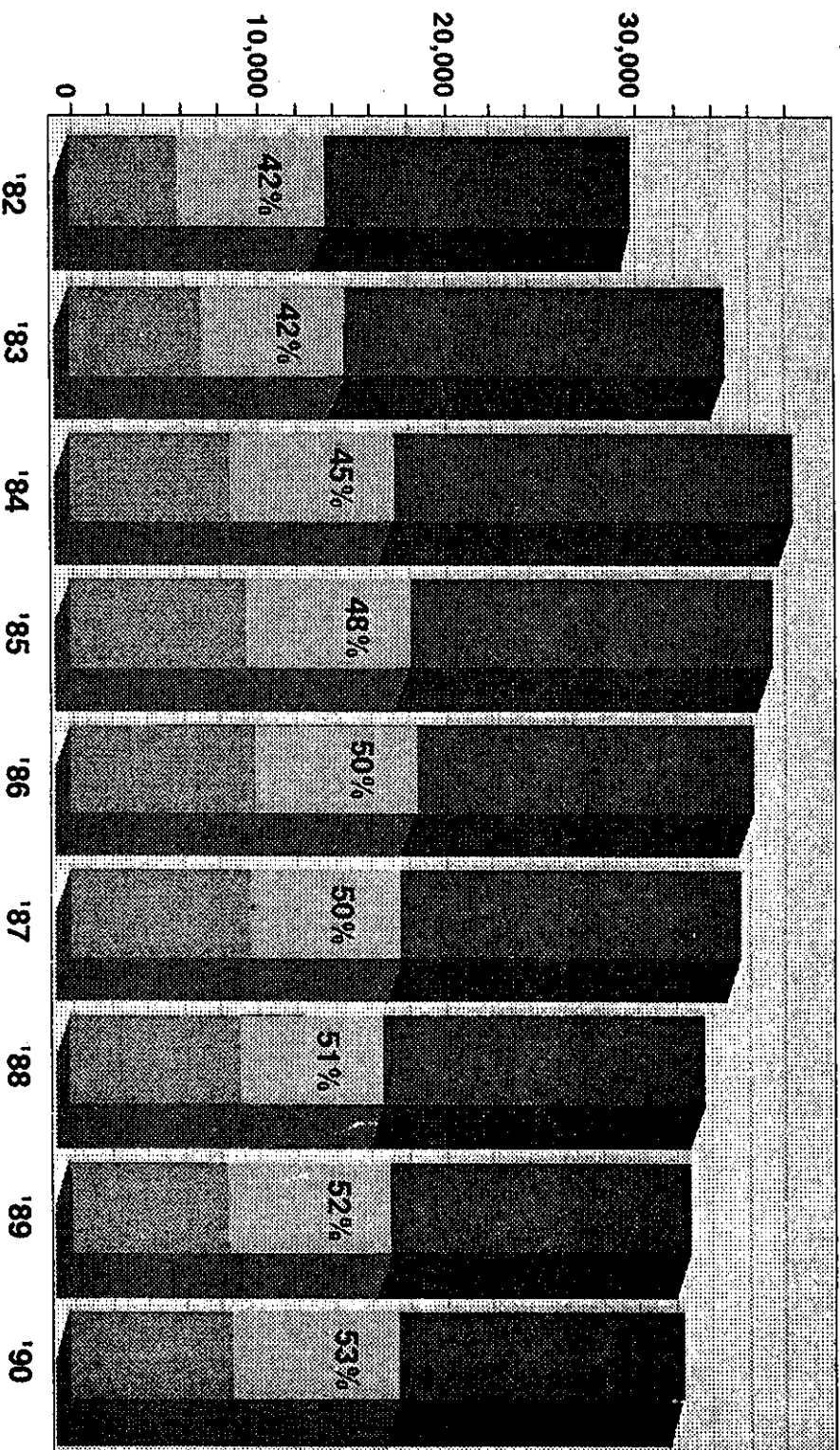
טבלה 17. התפתחות התעסוקה במפעלי איגוד התעשייה האלקטרונית הישראלית בין השנים 1982 - 1990.

ציון 17. תעסוקה ומבנה כח אדם במפעלי איגוד התעשייה האלקטרונית בישראל

# ISRAEL ELECTRONICS INDUSTRIES

Employees

Employment and Structure of Manpower

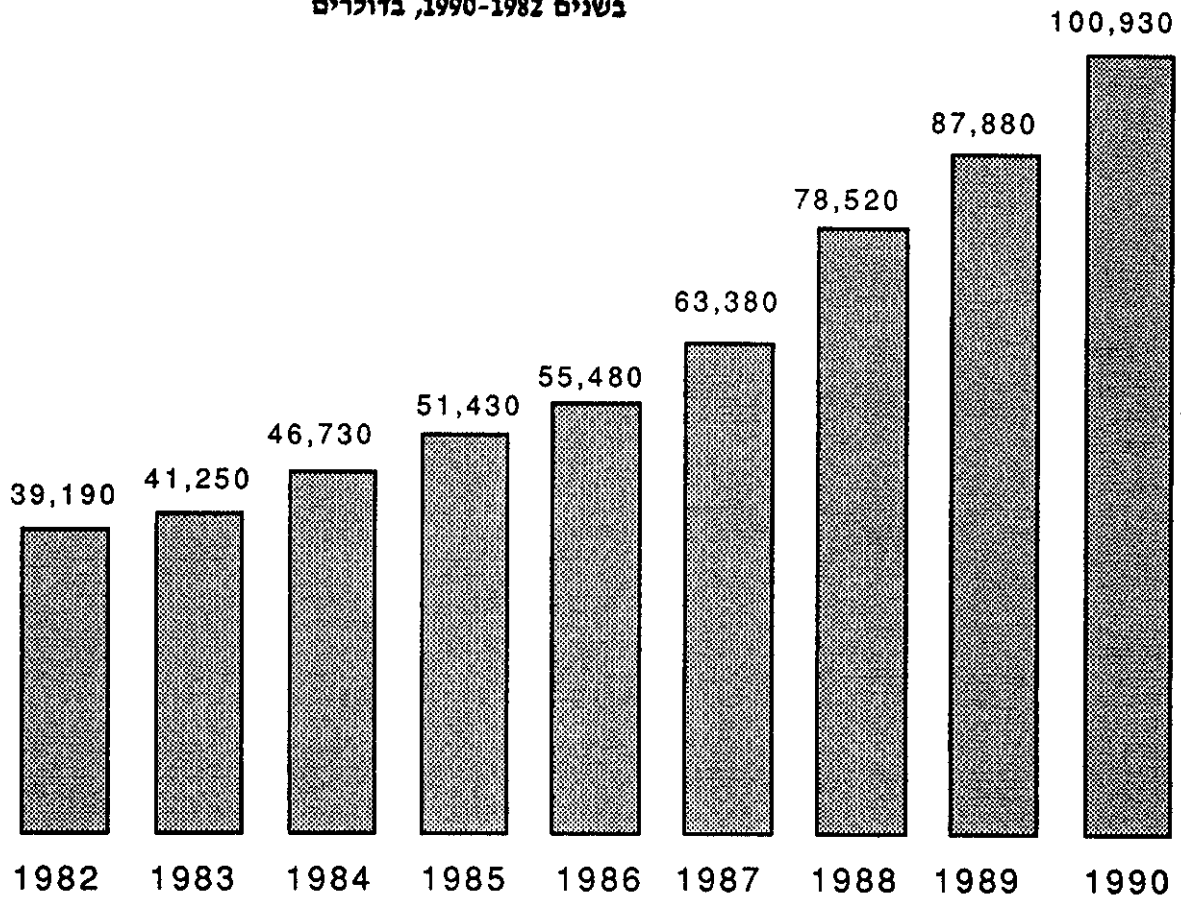


Technicians

Engineers & Scientists

ציור 18 וטבלה 18 מביאים את ההתפתחות של סך המכירות לעובד בתעשייה האלקטרונית הישראלית בין השנים 1982 - 1990. ברור כי אם מספר המועסקים ירד בשנים אלו (ראה ציור 18) ואם סך המכירות עלה באותה תקופה, הרי ברור שסך המכירות לעובד גדל. ואכן ציור 19 מראה גידול מסך 39,190 דולר לעובד בשנת 1982 לסך 100,930 דולר לעובד, גידול שנתי ממוצע של 12.6%, במונחים נומינליים דולריים.

**ציור 18: התפתחות סך המכירות לעובד במפעלי התעשייה האלקטרונית הישראלית בשנים 1982-1990, בדולרים**



גידול ב-%	1990	1989	1988	1987	1986	1985	1984	1983	1982	
12.6	100.93	87.88	78.52	63.38	55.48	51.43	46.68	41.25	39.19	מכירות לעובד, k\$

טבלה 18. התפתחות של סך המכירות לעובד במפעלי איגוד התעשייה האלקטרונית הישראלית

בין השנים 1982 - 1990.

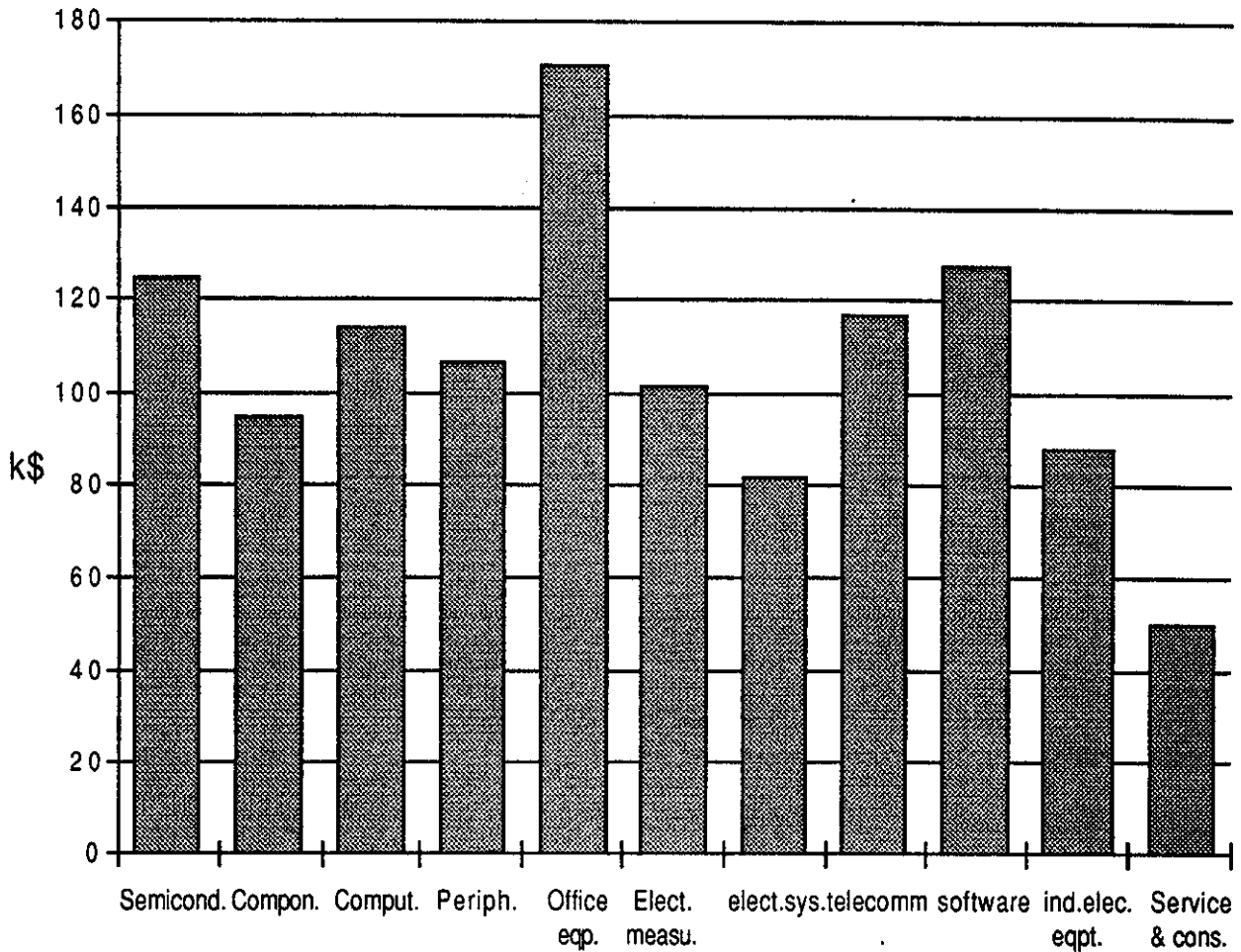
לצורך השוואה נביא בציור 19 וטבלה 19 את סך המכירות לעובד בתעשייה האלקטרונית של ארה"ב במגזרי תעשייה שונים עבור שנת 1988. המקור לנתונים אלו, [4], ממיינ את מגזרי התעשייה בשיטת מיון שלישית:

semiconductors	(1) רכיבי מוליכים למחצה
components	(2) שאר רכיבים
computers	(3) מחשבים
peripheral computer equipment	(4) ציוד הקפי למחשבים
electronic office equipment	(5) ציוד משרדי אלקטרוני
electronic measurement equipment	(6) מכשירי מדידה אלקטרוניים
electronic systems	(7) מערכות אלקטרוניות
telecommunications	(8) טלפונאות וטלקומוניקציה
software and data processing	(9) תוכנה ועיבוד נתונים
industrial electronic equipment	(10) ציוד תעשייתי אלקטרוני
service and consulting	(11) שרותים תחזוקה וייעוץ

(11)	(10)	(9)	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)	
49.73	88.01	127.96	116.74	81.72	102.13	170.93	107.38	114.03	94.90	124.88	מכירות לעובד k\$

טבלה 19 סך המכירות לעובד במגזרים שונים של התעשייה האלקטרונית של ארה"ב בשנת 1988.

ציור 19. סך המכירות לעובד במגזרים השונים של התעשייה האלקטרונית בארה"ב בשנת 1988



מן הציור והטבלה אנו רואים את טווח השינוי של סך מכירות לעובד בתעשייה של ארה"ב, בין 50 אלף ל-170 אלף דולר. אפשר להגיד כי הממוצע של כ-78,500 דולר בתעשייה האלקטרונית הישראלית בשנת 1988 הוא בתחום הנמוך לגבי ארה"ב, אם כי הנתון של 100,000 \$ בשנת 1990 מראה כי התעשייה התיעלה במידה ניכרת. כמובן שסך מכירות לעובד אינו המדד היחידי שבו יש למדוד תעשייה ולצורך זה הובאו בטבלה 20 עוד כמה מדדים של תעשיית האלקטרוניקה הישראלית לשנים 1985 - 1989 [2]:



1989	1988	1987	1986	1985	
41.5	34.6	30.9	26.3	23.5	ערך מוסף לעובד באלפי דולרים
47.2	44.1	48.8	47.4	45.7	ערך מוסף ממכירות (%)
6.5	11.8	13.8	17.4	18.2	מספר שבועות ממוצע של חייבים ברוטו
7.3	14.1	12.7	10.4	11.1	צבר הזמנות בחודשי מכירה
4.9	4.1	9.6	7.6	7.7	אחוז רווח תפעולי ממכירות

טבלה 20. מדדים נוספים של מפעלי איגוד תעשית האלקטרוניקה הישראלית לשנים 1985 - 1989 [2]

הנתונים מראים כי הערך המוסף לעובד גדל בצורה עקבית בתקופה הנידונה והגיע בשנת 1989 ל-41,500 דולר, כשאחוז הערך המוסף הוא בתחום של 44% - 48%.

#### מחקר ופיתוח בתעשית האלקטרוניקה

נושא מעניין נוסף לדיון הוא החלק היחסי מסך המכירות המוקדש למחקר ופיתוח של מוצרים חדשים. ציור 20 וטבלה 21 מביאים את אחוזי ההוצאה למו"פ מסך המכירות של החברות באיגוד תעשיית האלקטרוניקה בישראל [3].

1989	1988	1987	1986	1985	
14.9	16.6	16.6	19.1	19.1	% מו"פ כולל מסך מכירות
6.1	6.7	5.8	4.9	7.1	% מו"פ ממקורות עצמיים מסך מכירות

טבלה 21. אחוזי ההוצאה למו"פ מסך המכירות של החברות באיגוד תעשיית האלקטרוניקה בישראל.

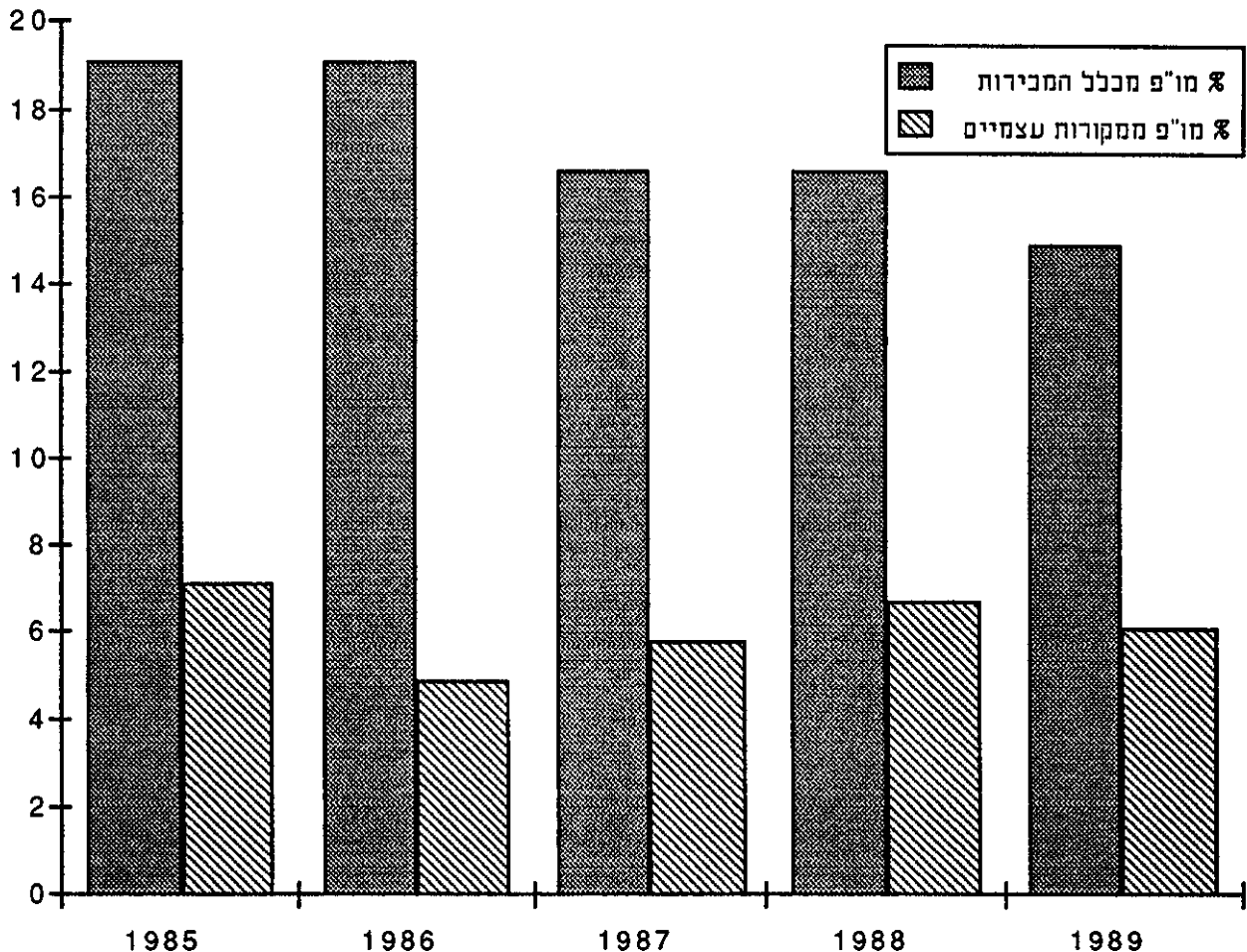
בטבלה ישנן שתי שורות, העליונה מתייחסת לכלל הוצאות המו"פ של החברות.

השורה התחתונה מתייחסת רק לסכומים שהוציאו החברות מכספים עצמיים למו"פ ללא מענקים ממקורות חיצוניים. (כידוע, זכאית למענק מו"פ, בדרך כלל 50% מהוצאות המו"פ, כל חברה בישראל המשקיעה כספים בפיתוח מוצרים חדשים. המענקים באים מקרן המדען הראשי של משרד התעשייה והמסחר או מקרנות אחרות שבהשתתפותו,

כגון הקרן הדו-לאומית, במטרה לעודד פיתוח של מוצרים חדשים. כך, סכומים המוצעים למו"פ חלקם בא ממקורות פנימיים בחברה וחלקם בא ממענקים. יתר על כן, אם קיבלה החברה מענק והצליחה במו"פ, הרי שעליה להחזיר 1% ממחזור המכירות של מוצרי המו"פ לקרן התמורה של המדען הראשי של משרד התעשייה והמסחר. בהתחשבות של המענקים ממקורות חיצוניים לוקחים בחשבון את כל התשלומים האלו. (

הסתכלות בטבלה מגלה כי האחוז שהושקע במו"פ הלך וקטן עם השנים ונמצא כיום ברמה של בערך 15%. אחוז הכספים של מו"פ ממקורות עצמיים הוא בערך 6%, כלומר פחות מתצי. נשווה אחוז זה של מו"פ עם מה שקורה בתעשיית האלקטרוניקה בארה"ב.

ציור 20. אחוזי ההוצאה למו"פ מסך המכירות של מפעלי איגוד תעשיית האלקטרוניקה בישראל

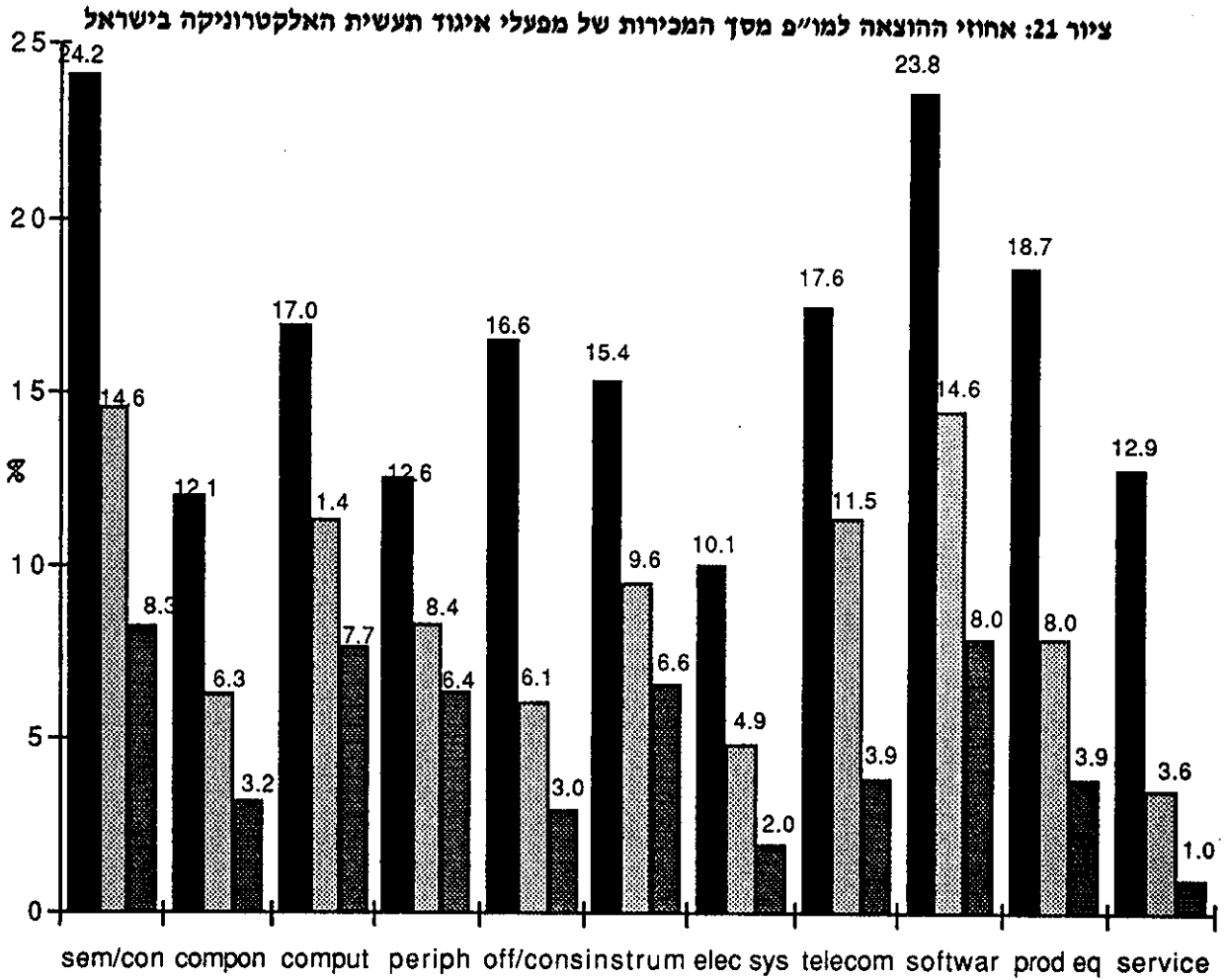


ציור 21 וטבלה 22 מביאים את אחוזי ההוצאה למו"פ מסך המכירות של מגזרים שונים בתעשייה האלקטרוניקה של ארה"ב [4], על פי מדגם חלקי של מפעלי התעשייה בארה"ב. כל מגזר חולק לשלוש קבוצות של מפעלים, אלו המוציאים הרבה על מו"פ (השורה u), אלו המוציאים באופן בינוני על מו"פ (השורה m) ואלו המוציאים מעט על מו"פ (השורה lo). לכל קבוצה חושב אחוז המו"פ הממוצע הרשום בטבלה. התחום שבו נע המו"פ הוא רחב מאוד, בין 1.0% עבור מגזר השרותים והתחזוקה ועד 24.2% עבור מגזר רכיבי המוליכים למחצה. בטבלה הוספנו בשורה אחרונה את האחוז הממוצע לכל מגזר. המגזרים המוציאים הרבה על מו"פ הם כאמור מגזר רכיבי המוליכים למחצה ומגזר התוכנה ועיבוד נתונים, מעל 15%.

בטבלה הוספנו גם משמאל את הממוצעים עבור שלוש הקבוצות, u, m, lo. ולבסוף, בפינה הימנית למטה רשום הממוצע הכללי לתעשייה של ארה"ב, כ-10%.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	
% מו"פ	12.1	17.0	12.6	16.6	15.4	10.1	17.6	23.8	18.7	12.9	16.5	
% מו"פ	6.3	11.4	8.4	6.1	9.6	4.9	11.5	14.6	8.0	3.6	9.0	
% מו"פ	3.2	7.7	6.4	3.0	6.6	2.0	3.9	8.0	3.9	1.0	4.9	
ממוצע	7.2	12.0	9.1	8.6	10.5	5.8	11.0	15.4	10.2	5.9	10.1	

טבלה 22. אחוזי ההוצאה למו"פ מסך המכירות של מגזרים שונים בתעשייה האלקטרוניקה של ארה"ב [4] (מספרי העמודות תואמים את המיון הנתון בטבלה 19).



נראה שיש לברך על כך שתעשיית האלקטרוניקה הישראלית הגיעה בממוצע לאחוז מו"פ כה גבוה יחסית לזה של ארה"ב ויש לשבח את מערכת מענקי המו"פ של המדען הראשי שלזכותה יש לזקוף הישג זה.

#### 4. טכנולוגיות ומוצרים עתידיים בתעשיית האלקטרוניקה:

מוסכם על כולנו שמוצרים חדשניים של התעשייה האלקטרונית הישראלית הם תנאי הכרחי לכיבוש שווקים חדשים ולהתרחבות של התעשייה ולהגדלת היצוא. מוסכם גם כי לצורך פיתוח מוצרים חדשניים תידרש טכנולוגיה מתקדמת. כחלק מן התוכנית "אלקטרוניקה 2000" אנו מביאים כאן מבוא בו מוצגות טכנולוגיות חדשות ומוצרים חדשניים הצפויים להופיע בעתיד הקרוב יותר או הרחוק יותר. אין כאן שום יומרה להציג את כל הטכנולוגיות הקיימות או את כל המוצרים העתידיים להופיע, ובודאי חסרים בסקירה זו כמה וכמה נושאים.

#### מחשבים ומוצרי מחשב

##### **אמצעי קלט וכישורים ממוחשבים דמויי אנוש**

מחשבים, עם כל השגיהם הכבירים עדיין סובלים מקשיי תקשורת עם בני-אדם, כשאחרונים מעבירים תקשורת ביניהם בעיקר באמצעות קול וראיה. אמצעים אלו אינם מנוצלים במידה מספקת בתקשורת בין בני-אדם למחשבים. בעתיד צפויות התפתחויות בפיתוח ובתפוצה של אמצעי קלט חדשים למחשבים הפועלים באמצעות קול ותמונה.

בני-אדם מגלים כישורים מפתיעים ביכולת לעבד ולהבין את התקשורת העוברת ביניהם. **מיחשוב הכישורים האנושיים האלה היא משימה לא קלה ברמת הטכנולוגיה של היום:**

עט ולוח דיגיטלי (בצורה הקבועה או הניידת) הוא אמצעי קלט שנמצא כבר בשימוש, ובכמה תחומים ודאי יהפוך לאמצעי חשוב. בצורתו הפשוטה ביותר הלוח מכיל מעין מקלדת מצויירת כשבעיפרון מסמנים את הקליד המבוקש. צורה אחרת מנצלת אמצעי זה להעביר רישומים ידניים אל מסך המחשב כשתוכנה אמורה לעבד ולהבין את הרישומים. מערכת יותר מתוחכמת תוכל לזהות צורות מצויירות בסיסיות ובתוך זה גם קבוצה חלקית או מלאה של אותיות דפוס וכתב.

**קריאת טקסט מודפס** מלוח דיגיטלי או מפלט של סורק (scanner) היא טכנולוגיה הדורשת זיכרון רב וכושר עיבוד חזק. הקושי הוא ליצור מוצר זול שיפעל מהר, לפחות בקצב הקריאה האנושי ושיוכל להפוך חלק אינטגרלי של כל משרד ממוחשב.

**קריאת טקסט מכתב-יד** באופן אוטומטי ובמהירות, לפחות בקצב הקריאה האנושי, היא משימה כבדה במיוחד ונסיגות להפוך אותה לשימושית במחיר זול עדיין לא הביאו את התוצאה המקווה. גם כאן דרוש בנוסף לזיכרון גדול מאוד וכושר עיבוד נתונים גבוה, גם רעיונות אלגוריתמיים חדשים.

**תרגום אוטומטי של טקסט משפה לשפה** היא טכנולוגיה שלמעשה כבר פועלת בכמה מרכזי מחקר לצורך תרגום של נושאים טכניים צרים. שפה טכנית מצטיינת במספר קטן יחסית של מושגים אשר מוגדרים חד-משמעית ולכן ניתן לממש תרגום כזה בקלות יחסית. שלב קצת קשה יותר הוא לתרגם שפת יומיום ושפה עיתונאית. השלב הקשה מכל הוא התרגום של שפה עשירה יותר למשל ספרות ושירה, וזאת בגלל ריבוי המשמעויות של כל מילה ואי ההתאמה של המשמעויות בשפות השונות.

**קריאת תזוזות עין ושרירי פנים** יכולה לתת אותות קלט למערכת ממוחשבת במקרים שהמפעיל האנושי ידיו ורגליו עסוקות במשהו אחר או אינן מתפקדות, במצבים כגון נהיגה, טיסה או נכות.

**זיהוי "חתימות רעש"** הוא ענף חדש יחסית בתחום האנליזה של אותות שמע ויש להניח שהוא צפוי להתפתחות ניכרת בתחום השימוש המעשי. חשיבותו רבה בכמה תחומים:

- השוואת קולות ומאפייניהם, בעבר ובהווה, של פעולת מיסבים, או מכונה, או מנוע, או זרימה בצינור, מאפשרת מעקב קבוע על פעילות המערכת וגילוי מוקדם של תקלה המתחילה להתפתח בתוכה. באופן זה ניתן להפעיל מכונות ביתר אמינות ולתכנן היטב את מהלכי התחזוקה כך שייגרם מינימום של נזק כלכלי.

- השוואת קולות ומאפייניהם עשויה לאפשר זיהוי מכונות נוסעות, זיהוי אדם על פי צעדיו, זיהוי כלי שיט בים, זיהוי אופי החדירה בגדר ביטחון.

- הבנה אוטומטית של דיבור אנושי היא טכנולוגיה שנוסתה כבר בעבר אבל לא הביאה לידי מוצרים שימושיים וזולים. המערכות שנוסו בעבר היו בעיקר כאלו ש"הכירו" רק קבוצה מסוימת של מילים בקולו של אדם מסויים, וגם אז פעלו עם אחוז גבוה מדי של שגיאות. בנושא זה הבעיות הן לא רק של זיכרון גדול וכושר חישוב עצום אלא גם בעיות עקרוניות של שיטות הזיהוי של ההברות בדיבור של כל אדם.

- הבנה אוטומטית של דובר בתוך סביבה רועשת היא בעיה עוד יותר קשה מזו שזכרה לעיל. למרות זאת אנו יודעים שבני-אדם מסוגלים לעשות זאת והינו רוצים שפעולה זו תוכל להיעשות אוטומטית.

- זיהוי דובר דורש כשלב ראשון אנליזה של קול הדובר ואיפיון חד משמעי של מרכיביו. ברגע שבעית תהליך האיפיון נפתרת כי אז הזיהוי נעשה על ידי השוואה בין המאפיינים של האנליזה המקורית עם אנליזה חוזרת של הקול.

- זיהוי צלילים בתוך מוסיקה רבקולית ורישומם דורש איפיון מיוחד לפי המבנה הפיזיקלי האופייני לצלילים.

ראיה נבונה וזיהוי צורות יש לה חשיבות רבה בנושאים של בקרה רובוטית בתעשייה ובחקלאות. נושא זה יכול להכניס מהפכה בתחומי המיון של תוצרת חקלאית, בתחום השינוע והאריזה של מוצרים, בתחום הייצור הרובוטי, זיהוי וגילוי זיופים של חתימות של צ'קים, ובהרבה תחומים אחרים.

### אלגוריתמים ותוכנה

**קידוד לצורך דחיסה** יש לו חשיבות רבה במקרים בהם נדרש חיסכון באמצעי אחסון, כאשר כמות המידע היא רבה או כאשר נדרשת העברת מידע רב בזמן קצר בערוצי תקשורת בעלי קצב העברה מוגבל או יקרים לשימוש. הרצוי הוא כמובן שהקידוד הדוחס והפענוח לאחר מכן, ייעשו בקצב מהיר המתקרב לקצב זמן ממש. תהליכים אלו של דחיסה והרחבה חוזרת יכולים להיעשות בתוכנה או באמצעות חומרה ייעודית.

**קידוד לצורך גילוי ותיקון שגיאות** עולה על הפרק כאשר מידע המכיל יתירות עובר בערוצים רועשים. במקרה זה איבוד חלק קטן מן המידע עשוי לפסול את כולו. על ידי קידוד מתאים ניתן כידוע לגלות שגיאות ולשחזר מידע

שנפגע. מימוש הנדסי של שיטות אלו בתוכנה ובחומרה דאי יהיה רלבנטי עם התפתחות שיטות התקשורת.

**קידוד לצורך הצפנה בהגנה על מערכות מחשב** הוא נושא שצפוי לו עתיד ככל שהשימוש במערכות כספים הולך וגדל. ידועים כיום מספר אלגוריתמים של קידוד במפתח כפול ששבירתם על ידי אדם בלתי מורשה היא למעשה בלתי אפשרית. יישומם ההנדסי של אלגוריתמים כאלו הוא בעיה טכנולוגית שדאי תעלה על הפרק.

**שפות טבעיות כשפות מחשב** יכולות להקל ביותר על התקשורת בין בני אדם לבין המחשב, כש"שפה טבעית" היא שפת מחשב הקרובה במבנהה לשפה האנושית. מדובר כאן על מהדרים שימירו שפות טבעיות לשפות ידועות אחרות, שלהם בסיס רחב של תוכנה שניתנת לניצול.

**שפות לריבוי-עיבוד** דרושות במחשבים המכילים מספר רב של מעבדים הפועלים במקביל. מחשבים אלו בעלי כושר עיבוד רב יידרשו שפות המאפשרות ניצול טוב יותר של כושר העבודה שלהם.

**שפות המאפשרות למחשב "ללמוד"** תוך כדי עבודה הן כנראה חזון רחוק למדי. קרוב לדאי כי ההתפתחות בכיוון זה תבוא בשלבים. ידועות כבר היום שפות המתאימות טוב יותר למימוש של בינה מלאכותי ולהרכבה של מערכות מומחות. הכושר ל"למוד" צריך להיות מוגדר בתחילה בתחומים צרים ומיוחדים ושם יש לו סיכוי מוקדם יותר למימוש.

### חומרת-מחשבים

בתחום חומרת המחשבים צפויות התפתחויות של הגדלת כושר החישוב בכל הרמות של גדלי המחשבים:

**מחשבי-על מרובי מעבדים** בעלי כושר חישוב של (Terra Instructions Per Second) TIPS  
**מחשבים גדולים ומחשבי מיני** בכושר חישוב של (Giga Instructions Per Second) GIPS  
**תחנות עבודה ומחשבים אישיים** בכושר חישוב של מאות (Mega Instruction Per Sec) MIPS.

צפויות התפתחויות בארכיטקטורות חדשות של מבני מחשבים במטרה ליעול העבודה.



צפויים מסופים בעלי יכולת עיבוד גרפי ומצגים גדולים בחדות המתקרבת ל-10000 X 10000 פיקסלים.

התפתחות מעניינת צפויה גם בנושא של עיקרון שונה לחלוטין של חישוב: יחידות חישוב ניירוני - **Neural networks**. עד כה התמקדה העבודה בתחום זה בנושאים עקרוניים של היתכנות ונסיונות הדמיה באמצעות מימוש בתוכנה. עם התגבשות הנושא וקביעת התחומים שבהם יהיה יתרון בולט לשיטת חישוב זו יופיעו גם מימושי חומרה כלכליים.

### מיקרואלקטרוניקה

התפתחות הטכנולוגיה של המיקרואלקטרוניקה מתקדמת בכיוון של מסכות בעלי חדות טובה יותר מן המקובל היום שהיא כ- 1-4 מיקרון. שיפור החדות אפשרי באמצעות שימוש באופטיקה של קרני X או באופטיקה של אלקטרונים, אמצעים יקרים שיצדיקו את עצמם רק אם יתנו יתרון שולי ניכר ברכיבים אלקטרוניים משופרים.

ההתפתחות במיקרואלקטרוניקה דוחפת גם לכיוון של תומרי מוליכים למחצה חדשים המסוגלים להניב רכיבים מהירים יותר. מדובר כאן בעיקר על גליום ארסני המסוגל להחיש את קצב החישובים ואת תדרי העבודה בכשני סדרי גודל לגבי צורן.

בתחום הרכיבים המתוחכמים, כבר כיום מצויים רכיבי מיקרומעבדים המסוגלים לפעול בקצבי שיעור של 50 MHz בקצב חישוב של מעל 100 MIPS, כלומר 100 מיליון פעולות חישוב בשניה. בעתיד צפויים רכיבי מיקרומעבדים בכושר חישוב של GIPS (Giga Instruction per Second) כלומר 1000 פעולות חישוב בשניה. ההתפצלות בהתמחות של סוגי המיקרומעבדים תגדל עוד יותר. בנוסף למעבדים לשימוש כללי עם אוסף הוראות רחב תגבר התפוצה של מעבדים מסוג RISC בעלי אוסף הוראות מצומצם וקצב פעולה מוגבר בתמורה. מעבדים מתמטיים ומעבדי אותות ספרתיים DSP יגיעו להשגה חישוב רבים יותר וישובצו באופן אינטגרלי במערכות חישוב. מעבדי בקרה ייעודיים לצרכים שונים כגון בקרה תעשייתית, בקרת מדפסות ומכשירי פקס יהיו חוקים יותר ונפוצים יותר.

בתחום רכיבי זיכרון ממוליכים למחצה צפויים רכיבים בעלי קיבולת זיכרון של מאות מליוני בתיים ואילו בתחומי הזיכרון ההקפי, בטכנולוגיות מגנטיות ואופטיות, צפויים זכרונות בקיבולת של מיליוני מיליון בתיים.

בכמה מעבדות מחקר נעשית עבודה בנושא של מיקרומכניקה של מנועי חשמל מיקרוסקופיים. הטכנולוגיה היא מיקרואלקטרונית אך עדיין לא ברור מה הם השימושים של מנועים זעירים אלו.

### מוצרים הקשורים לרשת החשמל הארצית

פתרון בעיות רשת החשמל הקשורות לתיקון של מקדם ההספק ("קוסינוס פיי") יקודם באמצעות מיתוג מהיר אלקטרוני יעיל של קבלים. גם בעיות של נוכחות הרמוניות חזקות על רשת ההספק יטופלו באמצעות מיתוג אלקטרוני. בתחום זה חשובה מאוד האמינות של מערכת המיתוג משום שכשל יכול לגרום נזקים להתקנים המתחברים לרשת, וכן לגרום נזקים כלכליים של הפסקת עבודה במפעלים הניזונים מן הרשת.

רשת החשמל תהפוך לאמצעי תקשורת חשוב בעיקר בנושאי השרות והתחזוקה של הרשת. יש להניח כי מוני האנרגיה החשמלית הביתיים האלקטרומגנטיים, ימצאו תחליף בצורת מוני אנרגיה אלקטרוניים זולים יותר ומגושמים פחות. קריאת צריכת החשמל הביתית תעבור לקריאה אוטומטית ללא התערבות יד אנושית. ניתן יהיה אז לחשב את מחיר הצריכה לפי זמנים ותעריפים מיוחדים, בהתאם לתמריצים וקנסות שחברת החשמל תרצה להעניק לצרכנים, במגמה לפזר עד כמה שיותר את הצריכה הארצית על פני כל שעות היממה.

### ביולוגיה ורפואה

בתחום הרפואה צפויה התפתחות בנושאים של סנסורים מושתלים בגוף האדם המסוגלים לזהות חומרים ביו-כימיים בדם כגון חלבונים, סוכרים, אנזימים והורמוניים שונים, המשמשים בבקרה הפנימית של הגוף. דוגמה לכך הוא סנסור המסוגל בזמן אמת ובאופן רציף לתת מידע על ריכוז סוכר הענבים בדם לצורך בקרת אינסולין אצל חולי סוכרת. ניתן אז לבנות מערכת בקרה אלקטרונית להזרקה אינסולין לדם על מנת להוריד את רמת הסוכר, מעין לבלב אלקטרוני.

בתחום הדיאלליזה לחולי כליות צפוי פיתוח של מכשירים משופרים לניקוי הדם, אשר בניגוד למכשירים הפועלים כיום, יימנעו מסילוק מינרלים חיוניים מן הגוף תוך התהליך של סילוק הרעלים מן הדם. ניקוי הדם וריענונו בחמצן הוא תהליך המשמש היום בתהליכי ניתוח לב פתוח ובהקרנות להשמדת מיח העצמות במחלות דם. בנושאים אלו ודאי יופיעו חידושים הקשורים למערכות אלקטרוניות המפעילות ומבקרות אותן.

בנושא המכשירים המושתלים בגוף ידוע קוצב הלב. צפוי שקוצבי הלב יפעלו בקצבים משתנים, בהתאם לפעילות הגופנית של האדם המושתל, כלומר קוצבי לב אינטליגנטיים.

בתחום ההדמייה הרפואית דאי שישופרו אמצעי ההדמייה הידועים של טומוגרפיה בקרני X, טומוגרפיה של תהודה גרעינית והדמייה באמצעות חומרים רדיואקטיביים. בצד השיפור במיכשור ישנה דרישה חזקה לשיפור התמונה המתקבלת, הגדלת החדות והניגוד בתמונה לצורך הבחנה של פרטים בתמונה. כמו כן נדרשת תגובה מהירה של השינויים בתמונה כך שניתן לראות למשל את תנועות הלב בזמן אמת.

בתחום הניטור של חולים, מתפתחת הטכנולוגיה של העברת נתונים במישורין מבית החולה אל המרכז הרפואי, כך שצוות רפואי יכול לעקוב בזמן אמת אחר מצב החולה, בעיקר במקרים של מחלות לב. עקב המחיר המתייקר והולך של האיטפוז יש ייתרון כלכלי ניכר לשיטת ניטור כזו.

### טכנולוגיית השמע

הרמקול ידוע כאלמנט הבעייתי ביותר בתחום טכנולוגיית השמע והוא מהווה צואר בקבוק בנושא שיפור האיכות של ההשמעה. ישנם סימנים לכך שמבנה חדש של רמקול שטוח בשטח גדול כשטח דלת למשל, המופעל על ידי אינטראקציה בין הזרם במוליכים הצמודים לממברנה הרועדת לבין פסי מגנט ארוכים, נותן אפקטים משופרים של שמע. אולם רמקולים אלה אינם יעילים ביותר ונדרש הספק רב של מעל קילוואט להפעלתם. צפויה התפתחות בתחום זה של הורדת מחירים, של שיפור היעילות ושל שכלולים בבנית הרמקולים והמגברים.

בתחום כלי הנגינה האלקטרוניים חלה כיום התפתחות מהירה לכיוון סנתזים ואורגנים ספרתיים וכלי מוסיקה אחרים המשלבים טכנולוגיות חדשות של איפנון תדר ואיחסון דחוס של צלילים מוקלטים, שהאפקטים האקוסטיים שלהם מרשימים מאוד. באופן נמצאים גם מחוללי צלילים מבוקרי מחשב אשר יהיו מסוגלים לסנתז צלילים עם רבבות מתנדים הפועלים בו-זמנית. תקן התקשורת הספרתית שבין מכשירים מוסיקליים MIDI מאפשר כיום בניית רשתות מורכבות של כלים, מקלדות, סדרתנים (sequencers) ומחשבים מתוצרת של יצרנים שונים. כלי נגינה חדשים חייבים כיום להיות מצוידים באמצעי תקשורת לתקן זה, אם ברצונם למצוא לעצמם שוק רחב. צפוי תקן חדש יותר המאפשר ביצועים משופרים.

התפתחויות צפויות בתחום התקליטים של אלקטרוניקת השמע הבידורית. לאחר הופעת התקליטור המוכר (Compact Disc=CD) והופעת רשם הסרט הספרתי (Digital Acoustic Tape=DAT) צפויה בקרוב הופעת התקליטור הקטן ומכשירי השמעה קטנים ומטלטלים (walkman).

תחום הדיבור הסינתטי יעבור ודאי התקדמות שתשפר את איכות הדיבור, תכניס לתוכו הנגנה אנושית ותהפוך אותו לקביל יותר עבור קהל השומעים.

### חזי (Video)

הנושא המדובר ביותר בתחום הטלביזיה כיום הוא של טלביזיה בחדות גבוהה (High Definition TV). כידוע, עובדות ביפן כבר היוס תחנות שידור בתקן זה וניתן כבר לצפות בשידורים באמצעות מקלטים מיוחדים שכיום הם די יקרים. מלבד החדות המשופרת מצטיינת התמונה ביחס שונה של גובה לרוחב והיא דומה יותר לתמונה על מסך קולנוע פנורמי רחב. החדות שיטת שידור זו לאירופה ולארה"ב היא רק שאלה של זמן והיא קשורה במאבק על תקנים, כשברקע נמצא המאבק לגבי מי ישלוט בייצור ובשיווק של ציוד זה.

לגבי מכשירי הטלביזיה הרגילים צפוי מעבר לטכנולוגיה ספרתית של יצירת התמונה, עם יכולת של איחסון תמונה ויכולת ראית ערוצים שונים בחלונות נפרדים על המסך. בנוסף לכך צפויה התפתחות גם של טלביזיות זעירות, טלביזיות משקפיים, וטלביזית "ווקמן".

אפשר להגיד כי אם יתפתחו בעתיד מסכי תצוגה שטוחים, צבעוניים, גבוהי חדות, אמינים וזולים, כי אז תעלם שפופרת המסך המקובלת, שחירוניתיה מרובים אך בינתיים אין לה מתחרה. מכשירי הטלביזיה יעברו אז מהפכה וישנו את צורתם.

נושא רחוק יותר בעתיד אך צפוי הוא הטלביזיה חתלת-ממדית.

### מצלמות

קיים תהליך בלתי פוסק של שכלולים במצלמות ההופכים אותן ליותר ויותר אלקטרוניות ויותר ויותר חכמות. לאחר הכנסת הכושר של שליטה אוטומטית על חשיפה ועל משך ההבזק בתוך מצלמה הופיע המיקוד האלקטרוני האוטומטי בהתאם למרחק. עתה מדובר על מצלמות שניתן יהיה לתכנתן כך שיצלמו במידת עומק מיקוד (focal depth) רצויה, עם מידת זום מתאימה בהתאם למרחק, וכיו.

עדיין האופטיקה של מצלמה בת ימינו הבנויה על עדשות קשיחות ובעלות מיקוד קבוע, היא מאוד מסובכת ויקרה. לעומת זאת העין הביולוגית בנויה על עדשה יחידה וגמישה שעל ידי מתיחת שרירים והרפייה מאפשרת מיקוד. אין כל סיבה שלא נראה בעתיד טכנולוגיה של אופטיקה בעדשות יחידות וגמישות.

### המכונית מבוקרת האלקטרוניקה

בעקבות ההחמרה ההולכת וגוברת של התקנים להקטנת זיהום האויר של מכוניות, חודרת והולכת האלקטרוניקה לתוך הנושא של בקרת מנוע המכונית. כאשר האלקטרוניקה כבר הופכת לחלק אינטגרלי של המנוע הרי שהוספת משימות נוספות עברה היא רק שאלה של זמן. נושאים נוספים שהאלקטרוניקה יכולה לתרום להם במכונית הם בקרת הילוכים אוטומטית, בקרת בלימה במטרה למנוע נעילת גלגלים והחלקה כתוצאה מכך, בקרת "אקלים" בתוך המכונית, בקרת מתלים להקטנת זעזועים, מחוונים ותצוגות חכמים הנותנים מידע על ביצועי

הנהיגה, מכשור אזהרת מרחק ואזהרת היתקלות.

נושאים נוספים הקשורים לרכב הם מערכות שמע ברכב, מערכת תקשורת של טלפון ספרתי, והצגת טלביזיה לנוסעי המכונית המשועממים מנסיעה ארוכה.

כיוון נוסף הוא הנושא של הצגת מפה אלקטרונית במכונית ורישום מסלול הנסיעה על מפה זו, תוך כוונה לעזור לנהג בניווט. התפתחות זו מותנית במידה רבה בפיתוח של אמצעי תצוגה קל ושטוח שהוא גם בעל כושר חדות מתאימה, וקשר לרשת תקשורת (לווינית).

נושא שהוא רחוק יותר בעתיד הוא הנושא של אלקטרוניקת נהג אוטומטי. לצורך זה נדרשת ראייה נבונה אשר כמו נהג אנושי מקבלת תמונה דינמית של הכביש ומערכת שיפוט ובקרה לבקרת הנהיגה.

### הבית הממוחשב

מרבית לדבר כיום הרבה על נושא הבית הממוחשב. משימות שיכולות להיות מבוקרות על ידי מרכז ממוחשב הן למשל בקרת אקלים בבית תוך חיסכון באנרגיה, אזעקה והתראה חיצונית ופנימית במקרה של פריצה, ביצועים מתוכנתים של משימות בבית כגון השקיית גינה בתוכנית שבועית, השכמה בבוקר, הדלקה וכיבוי של אורות כלליים, הפעלת מכשירי מטבח, הפעלת ציוד בידור של שמע ושל חוזה, וכו'. בשלב שבו יומצאו ויופעלו רובוטים ביתיים לשרותים, כגון נקיון, כביסה, וכו' ניתן יהיה להפעילם על פי תוכנית ממוחשבת.

נושאים אחרים בבית הממוחשב קשורים למחשב אישי. זה מסוגל כידוע לטפל בחישובים אישיים וחישובי הנהלת הבית. הוא גם מסוגל לפעול גם כמרכז בידור באמצעות משחקי מחשב. מדובר גם על כך שמקצועות רבים של בעלי מקצוע חופשיים הדורשים כתיבה ודיווח ייעוץ בבית באמצעות תמלילן הפועל באמצעות מערכת חישוב אישית.

תוספת של תקשורת משוכללת לבית, למשל באמצעות סיב אופטי, תאפשר שרותים יעילים יותר של טלביזיה

גבוהת-חדות בכבלים, שרותי טלפון מתקדמים כגון טלפון חזותי בו ניתן יהיה להסתכל בפני הדובר, טלפון ועידה, שרותי מידע, שרותי קניה, שרותי בנק שונים, שרותי ספרייה שיאפשרו בבית קריאה מתוך ספרים המצויים בספרייה, וכו'.

### טכנולוגיה אקולוגית

עם גידול האוכלוסיה ובמיוחד הצטופפותה באזורים מוגדרים מתרבות הבעיות האקולוגיות המקומיות כגון זיהום אויר, זיהום מים, המלחת מי תהום, רעשים סביבתיים, צפיפות בכבישים, זיהום חופים, זיהום של נחלים ונהרות וכו'.

בעייה אקולוגיות שעלתה לאחרונה לתודעת הציבור היא דליפת הגז הרדיו-אקטיבי ראדון לתוך בתי מגורים המצויים על הקרקע או מתחתיה. עניין אחר שהסתום רב בו יותר מן הידוע הוא הפחד שהתחיל להתעורר בציבור מקרינה אלקטרומגנטית כגון זו הנובעת מאנטנות של תחנות שידור רבות עוצמה. ישנם כאלה המרחיקים לכת וטוענים כי גם קוי מתח גבוה פתוחים של רשת החשמל הארצית, למרות התדר הנמוך שלה, גורמים נזקים לאנשים השוהים בקרבתם זמן ממושך.

קיימות גם כידוע בעיות אקולוגיות גלובליות, כגון התחממות של כדור הארץ, זיהום גלובלי של אויר, בעית הארוסולים והחור ביונוספירה, זיהום גלובלי של האוקיאנוסים, זיהום רדיו-אקטיבי גלובלי וכו'.

יש לשער כי עיקר משימות האלקטרוניקה בתחום זה יהיו בשלבי המדידה, הניטור, איסוף נתונים, עיבוד ומיצוי המסקנות מתוך הנתונים. יש לשער כי תידרש כאן התמחות של חברות אלקטרוניקה אשר יוכלו לספק את השרותים הנדרשים.

### על-מוליכות בטמפרטורות החדר

לסיום פרק זה נביא כאן נושא שהוא עתידי מאוד ואפילו אם יוכח שהוא בר-מימוש, אפשרי מאוד שלא יתממש כלל בתקופת עשרים השנים הקרובות. הנושא הוא של שימושים בתחום האלקטרוניקה הקשורים בעל-מוליכות בטמפרטורת החדר. הסיכויים הטמונים בנושא הם כל כך מרובים עד שהביאו לכך שהמאמץ המחקרי והשקעת הכספים הקשורים בפיתוח הם כה גדולים, עד כי ודאי הוא שכמה חברות אלקטרוניקה ימצאו בכך עניין כלכלי.

לדוגמה, מספר בקשות הפטנטים שהוגשו בנושא זה מגיע כבר ליותר מכמה עשרות אלפים. הסיכוי בטווח הזמן הקצר הוא אפוא יותר בתמיכה במחקר ובפיתוח של הנושא.

אם יתממשו הסיכויים להפיק חומרים על-מוליכים בטמפרטורת החדר, אשר יוכלו גם לשמור על תכונת העל-מוליכות בנוכחות של שדה מגנטי, הרי שיגיע הזמן לייצור של מוצרים שכיום ניתן רק לחלום עליהם:

מגנטים קבועים קלים ורבי עוצמה יאפשרו לבנות רכבת רחף במהירויות גבוהות ביעילות מרובה. ניתן יהיה לשנות באופן יסודי את כל בעיות השינוע והתחבורה ההמונית.

רשת חשמל ארצית עם כבלים שבתוכם גידים על-מוליכים אפשר יהיה להפעיל ללא הפסדי אנרגיה. באותה מידה אפשר יהיה לבנות שנאים, מנועים חשמליים, גנרטורים ושאר מכשירים אלקטרו-מבנטיים מחומרים על-מוליכים. הגודל הפיזי של מכשירים כאלו מוכתב כיום במידה רבה על ידי המעגלים המגנטיים. ברגע שמגבלה זו תוסר יהיה השיקול של חוזק מכני השיקול הקובע לגבי גודל פיזי. יוקטנו במידה רבה הממדים של שנאים, מנועים וגנרטורים ויגדל מאוד היחס שבין הספק למשקל. לגבי מכוונות בהם המנועים החשמליים נישאים, כגון זרועות של רובוט בעלי פרקים מופעלי מנוע חשמלי, אפשר יהיה לבנות אותן קלות יותר ורבות כוח יותר.

התועלת האלקטרונית הישירה מעל-מוליכים יכולה להתבטא בכרטיסים אלקטרוניים מודפסים עם חוטים על-מוליכים. חוטים כאלו אינם גורמים למפלי מתח עליהם ולכן תעלם תופעת הרעשים הנוצרים עקב פולסים מהירים העוברים בקוי ההארקה ובקוי המתח הישר. אולם הסיכוי של על-מוליכות הוא הרבה יותר גדול: ישנה אפשרות שכל האלקטרוניקה תשתנה כאשר אפשר יהיה לממש בקלות רשתות של צמתי גיוספסון, שהם צמתים בעלי יכולת מיתוג מהירה ביותר, בקצב שהוא בשנים או שלושה סדרי גודל מעל האפשרי כיום בטכנולוגית צורן. אפשרי אפוא לתאר בניית מחשבים בקצבי חישוב גדולים מאוד אפילו ביחס למחשבים הגדולים ביותר הקיימים כיום.



## 5. הצטלבות של טכנולוגיות ומוצרים באלקטרוניקה:

חלק חשוב מן התוכנית "אלקטרוניקה 2000" הוא בחינה של הרקע הטכנולוגי למוצרים אלקטרוניים, במגמה לבדוק אותן טכנולוגיות אשר מצדיקות מאמץ לאומי לביסוס התשתית.

בהתאם לסיכום שהתקבל בישיבה שהכינה כנס זה, מובאות בזה טבלות בהן רשומות הטכנולוגיות העיקריות המשמשות באלקטרוניקה בשורות, ואילו מוצרים אלקטרוניים מייצגים רשומים בעמודות. בכל מקרה בו טכנולוגיה מסויימת משרתת מוצר אלקטרוני, מצויינת המשבצת המתאימה ב-x. המטרה בטבלה זו היא לגלות צוארי בקבוק, או טכנולוגיות שחשיבותן קריטית הן מבחינת הרחבת בסיס הידע המחקרי, הן מבחינת ההשקעה הכספית, והן מבחינת החינוך הטכנולוגי הגבוה.

יש להתייחס לטבלות אלו כאל נסיון ראשוני של בחינת עובדות. יש להניח כי ישנן אולי טכנולוגיות שלא נרשמו כאן, או ישנם מוצרים חשובים שלא הוזכרו. קיימת גם אפשרות של טעויות, אותן מתבקשים השומעים לתקן לפי הבנתם ולהביא זאת לידיעת החתום מטה. בנוסף לטבלות הממולאות מוצג כאן דף עם טבלה ריקה המיועדת למילוי עבור מוצרים שלא נזכרו כאן ואשר השומעים מתעניינים בהם.

יש גם להדגיש כי הטבלות מתבססות על הידוע בהווה, ואילו אנו חותרים לגלות מה צופן לנו העתיד מבחינה טכנולוגית. לצערנו הרב לא ידועה לנו שיטה טובה יותר לצפות לעתיד מאשר ללמוד היטב את ההווה ולעשות ממנו אקסטרפולציה לעתיד.

### רשימת המוצרים האלקטרוניים שבטבלות

מכשירי פקסימיליה (facsimile), יחידות ריבוב של קוי טלפון, מרכזיות טלפון פרטיות וציבוריות, ספקי כוח ממותגים, רכיבי מיקרומעבדים לסוגיהם השונים, רכיבים אנלוגיים, מכשירי צריבת זכרונות ROM ומערכים לוגיים Programmable Logic Arrays, מסופי מחשב, מדפסות, יחידות ריכוז לתקשורת בין מסופים למחשבים, יחידות לרשתות תקשורת נתונים, מערכות אלקטרוניות לשימוש במכוניות, מכשירי ראיית לילה, ציוד לייצור ובדיקה של כרטיסים מודפסים, מערכות מדידה ב"מטווח" אנטנות, מכשירי בקרה של סיבובי אנטנה, מכשירי רובוטיקה

תעשייתית, מכונות תפירה ממוחשבות, ציוד אלקטרוני לדפוס ממוחשב, יחידות בקרה למכונות עיבוד שבבי, מכשירים לבקרת מים והשקיה, בקרת מבנים בטיחותית, מערכות לומדה אלקטרוניות ומחשבים, מכשירי קשר אלחוטי, מקלטי רדיו לתקשורת מקצועית, קסדות ראייה וטיווח, מערכות טיווח, מערכות פיקוד סוללות תותחים, מערכות מכ"מ, מחשבים מוטסים, מערכות מזל"ט, מערכות הדמייה Simulators לטייסים, ציוד טומוגרפיה רפואית, ציוד בקרה וניטור לבית-חולים, מכשירי בקרה ללייזר חיתוך, מכשירים לתיקון "קוסינוס פי" ברשתות חשמל תעשייתיות, מוני אנרגיה חשמלית פעילה והיגבית active and reactive, יחידות אל-פסק למחשבים.

### רשימת הטכנולוגיות האלקטרוניות שבטבלות

טכנולוגיה אנלוגית: שמע ועל-שמע, תדר רדיו, תדר מיקרוגל, אנטנות וקרינה אלקטרומגנטית.

טכנולוגיה ספרתית: תכן לוגי ולוגיקה ספרתית, מיתוג ספרתי, תכן מיקרומעבדים ומיקרובקרים, תכן מחשבי מיני.

טכנולוגית הנע וזרם חזק: מנועים ומנועי בקרה, קוי זרם חזק ורשתות חלוקת חשמל.

טכנולוגיה מיקרואלקטרונית: טכנולוגית רכיבים הבנויים מצורן silicium, טכנולוגית רכיבי גליום ארסני gallium arsenide, טכנולוגית אופטיקה, טכנולוגיה אלקטרו-אופטית.

טכנולוגית תצוגה: תצוגות מחשב אישי של שפופרת מסך ושל גביש נוזלי LCD, תצוגות דיודות מאירות LED, תצוגות פלסמה, תצוגות זהירה חשמלית electroluminiscent.

טכנולוגיה רפואית וביולוגית: נושאי רפואה וביולוגיה הקשורים במכשור רפואי.

טכנולוגית פיזיקה שימושית: אופטיקה באור נראה, אופטיקה באור אינפרה-אדום, לייזרים ומקורות אור, גלאי אור ומצלמות, קרני X, תהודה גרעינית, רדיו-אקטיביות, אורודינמיקה, הידרודינמיקה, מגנטים קבועים, שכבות מגנטיות.

טכנולוגיה אלקטרונית תאורטית: עיבוד אנלוגי של אותות, עיבוד אותות שמע ספרתי, עיבוד אותות תמונה, תקשורת אנלוגית, תקשורת ספרתית, תורת הקידוד והמידע, אופטימיזציה של תכן ושל תהליכים, תורת הבקרה האנלוגית, תורת הבקרה הספרתית.

טכנולוגית אלגוריתמים ותוכנה: שפות תכנות ומהדרים compilers, תורת האלגוריתמים וסיבוכיות חישוב, מבני נתונים, בינה מלאכותית ומערכות מומחות.

													טכנולוגיות			
													מוצרים			
אל-פסק	מונה KWH	בקרת cos #	לייזר הייזר	בקרת בייח	טומוגרף לפואי	סימולטור למחוס	חל"ט	מחשב מוטס	מערכת מכ"ם	פיקוד סוללות חותמים	ציוד טיווח	קסדת ראייה וטייח	מקלט רדיו	מכשיר קשר		
X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	שמע ועל-שמע	טכנולוגיה אנלוגית
							X	X	X			X	X	X	תדר רדיו	
							X	X	X	X		X	X	X	חיקרו גל	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	אנטנות	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	לוגיקה ספרתית	טכנולוגיה ספרתית
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	מיתוג ספרתי	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	מיקרומעבדים	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	מחשבי מיני	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	מנועי בקרה	הנע זזרם חזק
															זרמים חזקים	
															טכ' צורן	חיקרואלקטרוניקה
															טכ' גליום ארסני	
															חומרים אופטיים	
															אלקטרו-אופטיים	
			X	X	X	X	X	X	X	X					מחשב אישי	תצוגות
			X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	שפופרת CRT	
			X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	תצוגת LCD	
			X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	תצוגת LED	
			X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	פלזמה	
			X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	לומיניסצנציה	
				X	X										רפואה וביולוגיה	רפואה וביולוגיה
			X	X	X	X				X	X				אופטיקה בנראה	פיזיקה שימושית
			X	X	X	X				X	X				אינפרה אדום	
			X	X	X	X				X	X				ליזרים ומקורות	
			X	X	X	X				X	X				גלאים ומצלמות	
					X	X									קדני-X	
					X	X									תהודה מגנטית	
					X	X									רדיואקטיביות	
							X								אורודינמיקה	
															הידרודינמיקה	
X	X	X			X										מגנטים קבועים	תאוריה אלקטרונית
X	X	X			X										שכבות מגנטיות	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	עיבוד אנלוגי	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	שמע ספרתי	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	עיבוד תמונות	
X	X			X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	תקשורת אנלוגית	
X	X			X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	תקשורת ספרתית	
			X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	קידוד ומידע	
			X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	אופטימיזציה	
			X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	בקרה אנלוגית	
			X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	בקרה ספרתית	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	שפות תכנות	אלגוריתמים ותוכנה
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	אלגוריתמים	
		X		X	X	X	X		X						מבני נתונים	
		X		X	X	X	X		X						בינה מלאכותית	

מערכות לומדה	בקרת מבנים	בקרת מים והשקייה	מדכו עיבוד שבבי	דפוס מחושב	תפירה מחושבת	רובוט חשיתי	בקרת סיבוב אנטות	מטוח אנטות	בקרת כרטיסים מודפסים	מוצרים / טכנולוגיות	
										←	↓
X X	X	X X	X	X	X	X	X X	X X	X	שמע ועל-שמע תדר רדיו	מכנולוגיה אנלוגית
X X		X					X X	X X		מיקרו גל אנטות	
X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	לוגיקה ספרתית מיתוג ספרתי	מכנולוגיה ספרתית
X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	מיקרומעבדים מחשבי מיני	
X X		X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	מנועי בקרה זרמים חזקים	הנע וזרם חזק
										טכני צורן טכני גליום ארסני חומרים אופטיים אלקטרו-אופטיים	מיקרואלקטרוניקה
X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X		מחשב אישי שפופרת CRT תצוגת LCD	תצוגות
X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X		תצוגת LED פלזמה לומיניסצנציה	
										רפואה וביולוגיה	רפואה וביולוגיה
				X X X X		X X X X			X X X X	אופטיקה בנראה אינפרה אדום ליזרים ומקורות גלאים ומצלמות	פיזיקה שימושית
										קרני-X תהודה מגנטית רדיואקטיביות	
		X								אורודינמיקה הידרודינמיקה	
										מגנטים קבועים שכבות מגנטיות	
X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X	עיבוד אנלוגי שמע ספרתי עיבוד תמונות	תאוריה אלקטרונית
X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	תקשורת אנלוגית תקשורת ספרתית	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	קידוד ומידע אופטימיזציה	
X X		X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	בקרה אנלוגית בקרה ספרתית	
X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	X X	שפות תכנות אלגוריתמים	
X	X	X	X X	X X	X	X X			X X	מבני נתונים בינה מלאכותית	

מכשיר פקס	מכשיר ריבוב	טלפונים	מכונות	מחשב	מחשב	מחשב	מחשב	מחשב	מחשב	מחשב	מחשב	מחשב	מחשב	טכנולוגיות		
														מוצרים	מוצרים	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	שמע ועל-שמע תדר רדיו	מכנולוגיה אנלוגית
															מיקרו גל אנטנות	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	לוגיקה ספרתית מיתוג ספרתי	מכנולוגיה ספרתית
															מיקרומעבדים מחשבי מיני	
															מנועי בקרה זרמים חזקים	הנע וזרם חזק
															טכ' צורן טכ' גליום ארסני	מיקרואלקטרוניקה
X															חומרים אופטיים אלקטרו-אופטיים	
															מחשב אישי שפופרת CRT	תצוגות
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	LCD	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	תצוגת LED	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	פלזמה לומיניסצנציה	
															רפואה וביולוגיה	רפואה וביולוגיה
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	אופטיקה בנראה אינפדה אדום ליזרים ומקורות גלאים ומצלמות	פיזיקה שימושית
															קרני-X תהודה מגנטית רדיואקטיביות	
															אורודינמיקה הידרודינמיקה	
															מגנטים קבועים שכבות מגנטיות	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	עיבוד אנלוגי שמע ספרתי עיבוד תמונות	תאודיה אלקטרונית
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	תקשורת אנלוגית תקשורת ספרתית	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	קידוד ומידע אופטימיזציה	
															בקרה אנלוגית בקרה ספרתית	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	שפות תכנות אלגוריתמים	אלגוריתמים ותוכנה
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	חבני נחושים בינה מלאכותית	

						מוצרים ←	טכנולוגיות ↓
						שמע ועל-שמע תדר רדיו	<b>מכנולוגיה אנלוגית</b>
						חיקרו גל אנטנות	
						לוגיקה ספרתית מיתוג ספרתי	<b>מכנולוגיה ספרתית</b>
						חיקרומעבדים מחשבי מיני	
						מנועי בקרה זרמים חזקים	<b>הנע זזים חזק</b>
						טכני צורן טכני גליוס ארסני	<b>חיקרואלקטרוניקה</b>
						חומרים אופטיים אלקטרו-אופטיים	
						מחשב אישי שפופרת CRT תצוגת LCD תצוגת LED פלזמה לומיניסצנציה	<b>תצוגות</b>
						רפואה וביולוגיה	<b>רפואה וביולוגיה</b>
						אופטיקה בנראה אינפורה אדום ליוזים ומקורות גלאים ומצלמות	<b>פיזיקה שימושית</b>
						קרני-X תהודה מגנטית רדיואקטיביות אורידוינמיקה הידודינמיקה	
						מגנטים קבועים שכבות מגנטיות	
						עיבוד אנלוגי שמע ספרתי עיבוד תמונות	<b>תאוריה אלקטרונית</b>
						תקשורת אנלוגית תקשורת ספרתית	
						קידוד ומידע אופטימיזציה	
						בקרה אנלוגית בקרה ספרתית	
						שפות תכנות אלגוריתמים	<b>אלגוריתמים ותוכנה</b>
						מבני נתונים בינה מלאכותית	

## 6. תחזית להתפתחות ענפי אלקטרוניקה מובילים

לסיכום נושא הטכנולוגיה נביא תחזית של התפתחות ענפי אלקטרוניקה נבחרים המבוססת על סקר שנכתב עבור תעשיית רכיבי האלקטרוניקה האירופאית [5]:

DTI "Electronic Components - a Decade of Change, The European Market to 1995"

( Nov 1990)

פרסום של משרד המסחר והתעשייה הבריטי.

### מידע כללי

בתור מידע רקע טוען המחבר של התחזית כי שיעור הגידול של הכלכלה העולמית בשנים הקרובות צפוי לירידה מ-3% לשנה ל-2.5% לשנה. על רקע זה הוא מביא את תחזיותיו לגבי הגידול בביקוש לתעשיית רכיבי האלקטרוניקה.

### ענף המכונות

עד שנת 1995 צפוי גידול במערכות אלקטרוניות למכונות עד ל-100 מליון מערכות, וזאת בהשוואה ל-12 מליון בשנת 1986. הדחף לגידול המעורבות של תעשיית אלקטרוניקה הוא הצורך בבקרה אלקטרונית של המנוע, לצורך מילוי התקנים המחמירים לגבי זיהום אויר, כפי שצויין כבר לעיל.

משימות נוספות שהאלקטרוניקה תתבקש למלא בכלי רכב הן: בקרת הילוכים אלקטרונית, בקרת מעצורים, בקרת היגוי כוח, מתלה אקטיבי למניעת זעזועים, בקרת אקלים במכונית, תצוגת פרמטרים וביצועי נהיגה, ניווט ומיפוי.

תחזית הגידול של רכיבים אלקטרוניים מתבססת על ניתוח מספר המערכות הנדרשות והערכה של הרכיבים השונים במערכת ממוצעת. הגידול השנתי החזוי ב-2% לגבי ענפים עיקריים של תעשיית הרכיבים רשום להלן:

45%	רכיבי מוליכים למחצה דיסקרטיים:
39%	רכיבי מוליכים למחצה משולבים:
32%	רכיבי נגדים וקבלים:
55%	שנאים:
31%	כרטיסים מודפסים
50%	מתגים שונים

### מוצרי צריכה

על פי הסקר הנ"ל מוצרי הצריכה העיקריים החדשים הם מכשירי טלביזיה בחדות גבוהה, (להלן נשתמש בקיצור טח"ג, High Definition TV = HDTV) וציוד טלביזיה לקליטה מלוויינים. כידוע, פועלת כבר ביפן רשת שידור של טח"ג וגם ניתן לרכוש מכשירים ביתיים בתקן זה, במחיר גבוה למדי שעדיין "אינו שווה לכל נפש". חוגי הכלכלה והתעשייה באירופה ובארה"ב חרדים מן האפשרות של השתלטות יפנית של שוקיהם המקומיים אשר שויים עשוי להגיע למאות מיליארדים של דולרים, עם הפיכת הטח"ג למוצר צריכה המוני. פחד זה די מובן במיוחד כשלהם עדיין אין ידע ונסיון מספיקים בטכנולוגיה זו, בהשוואה לתעשיית האלקטרוניקה היפנית שכבר השתלטה באופן מלא על הטכנולוגיה של הטח"ג. העיכובים הפורמליים בהפצת הטח"ג באירופה ובארה"ב קשורים בענייני תקינה שונים, בין היתר בדרישה שגם מכשירי טלביזיה הנמצאים כבר בידי אזרחים יוכלו לקלוט את שידורי הטח"ג באותו פורמט של טלביזיה רגילה, וכי מכשיר טח"ג יוכל גם לקלוט שידורי טלביזיה רגילים. מילוי דרישה זו בא למנוע אפשרות של בריחה המונית מציוד קיים, תוך זמן קצר. אולם אין ספק כי במוקדם או במאוחר תהפוך הטח"ג למוצר צריכה המוני. והתחזית של הסקר לגבי רכיבים מציינת גידול שנתי באחוזים כמפורט להלן:

37%	רכיבי מוליכים למחצה דיסקרטיים:
39%	רכיבי מוליכים למחצה משולבים:
37%	רכיבי נגדים וקבלים:
41%	שנאים:
35%	כרטיסים מודפסים
41%	מתגים שונים



מוצרי תקשורת

על פי הסקר הנייל מוצרי הצריכה העיקריים החדשים בתחום התקשורת הם:

- מוצרי תקשורת ספרתית, כתחליף לתקשורת האנלוגית השלטת כיום, על פי התקן ISDN (Integrated Services Digital Network)
- ציוד של תקשורת ניידת מרכב, Mobile communications
- ציוד של תקשורת סיבים אופטיים שתחדור לרמה של הצרכן הביתי, ולא תיעצר ברמה של תקשורת בין מרכזי תקשורת.

התחזית של הסקר לגבי רכיבים עבור תחום זה היא של גידול שנתי חזוי באחוזים כמפורט להלן:

26%	רכיבי מוליכים למחצה דיסקרטיים:
19%	רכיבי מוליכים למחצה משולבים:
11%	רכיבי נגדים וקבלים:
-3%	שנאים:
55%	כרטיסים מודפסים
41%	מתגים שונים

מחשבים וציוד משרדי

על פי הסקר הנייל מוצרי הצריכה העיקריים בתחום המחשבים והציוד המשרדי הם:

- המחשב האישי הנישא הנייד
- מכונות פקסימיליה משוכללות בחדות גבוהה
- מכונות העתקה משוכללות
- תקשורת נתונים פנים משרדית ותקשורת נתונים עם החוץ.

התחזית של הסקר לגבי רכיבים עבור תחום זה היא של גידול שנתי חזוי באחוזים כמפורט להלן:

10%	רכיבי מוליכים למחצה דיסקרטיים:
65%	רכיבי מוליכים למחצה משולבים:
17%	רכיבי נגדים וקבלים:

## מקורות

- [1] EIC - (Electronic International Corporation) - פרסומים של איגוד תעשיות האלקטרוניקה הצרפתי 1989-1990
- [2] איגוד תעשיות האלקטרוניקה - פרופילים שנתיים.
- [3] הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה
- [4] Operating Ratios in the Electronic Industry of the USA (American Elect. Assoc./AEA)
- [5] DTI "Electronic Components - a Decade of Change, The European Market to 1995" (November 1990).

## נספח א - תוכנית המחקר המקורית של מוסד ש. נאמן

**ציור א-1** מראה את לוח הזמנים לביצוע תוכנית המחקר השנתי כפי שנקבע במשותף על ידי מוסד נאמן ועל ידי איגוד תעשייני האלקטרוניקה. מטרת תוכנית המחקר היא להכין את הרקע מבחינת הנתונים הכלכליים, מבחינת ההתפתחויות הטכנולוגיות ומבחינת סקירת החינוך הטכנולוגי הגבוה, לקראת הצעת התוכנית "אלקטרוניקה 2000".

המחקר יעסוק בארבעה נושאים שיטופלו בהתאם ללוח הזמנים הבא:

1. מיפוי וריכוז נתונים בסיסיים לגבי התעשייה אלקטרונית בארץ ובעולם, נושא שהוחל בו בראשית חודש אפריל 1991 ומסתיים למעשה עתה, כשלושה חודשים לאחר מכן. תוצאותיו העיקריות מוצגות להלן.
2. החינוך הגבוה בארץ ובעולם להכשרת כוח אדם מקצועי בתחום האלקטרוניקה והמחשבים. נושא זה יטופל במשך כשישה חודשים החל מתחילת חודש אוקטובר 1991.
3. בחירת מספר טכנולוגיות מפתח לבחינה מדוקדקת. לצורך זה יוקמו צוותי חשיבה משותפים לתעשייה, האקדמיה והממשלה. נושא זה מתחיל למעשה עתה, בראשית חודש יולי 1991, ויימשך כשישה חודשים.
4. הגדרה ראשונית של ההתארגנות, שיטות העבודה והתקציב לביצוע התוכנית "אלקטרוניקה 2000". שלב זה שיסיים את תוכנית המחקר יתחיל בינואר 1992 ויסתיים שלושה חודשים לאחר מכן.

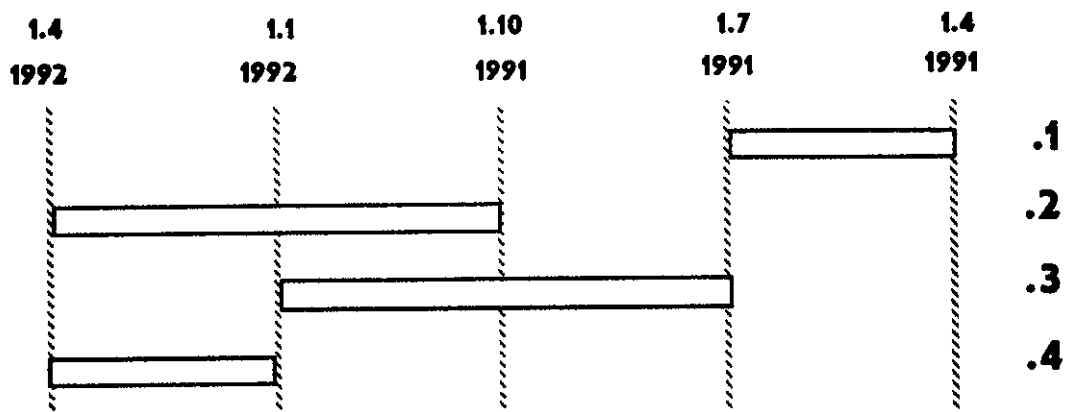
ציור מס. א-1

## תכנית המחקר

(כפי שהוצעה ב-3.1.1991 ואושרה ב-3.3.1991)

1. מיפוי התעשייה האלקטרונית בעולם ובארץ.
2. החינוך הגבוה בארץ ובעולם בתחום האלקטרוניקה והמחשבים
3. בחירת מספר טכנולוגיות לבחינה מדוקדקת, כולל הקמת צוותי דיון עם נציגים מן התעשייה, האקדמיה והממשלה
4. הגדרה ראשונית של צורת ההתארגנות, שיטת העבודה והתקציב לביצוע התכנית "אלקטרוניקה 2000"

### לוח זמנים



## רשימת ציורים

## עמוד

- |    |    |   |
|----|----|---|
| 5  | 1  | התפתחות הייצור העולמי של תעשית האלקטרוניקה 1984-1990                                  |
| 7  | 2  | שערי המטבעות היפני והאירופי ביחס לדולר של ארה"ב 1984-1990                             |
| 9  | 3  | התפתחות השוק העולמי של מוצרי אלקטרוניקה לפי אזורים בשנים 1990-1984 ב-G\$              |
| 10 | 4  | ייצור מוצרי אלקטרוניקה בעולם כאחוז מכלל הייצור העולמי                                 |
| 12 | 5  | שווקי הקניה של מוצרים אלקטרוניים בגושי העולם כאחוזים מכלל הייצור העולמי בשנים 1984-90 |
| 14 | 6  | התפתחות המאזן המסחרי של מוצרי אלקטרוניקה בעולם בשנים 1984-90                          |
| 15 | 7  | התפתחות המאזן המסחרי של מוצרי אלקטרוניקה בין גושי העולם M\$, 1984-1989-1995           |
| 19 | 8  | היקף הייצור של הגושים העולמיים במגורי התעשייה האלקטרונית בשנת 1990 ביחידות של G\$     |
| 21 | 9  | התפתחות מגורי תעשית האלקטרוניקה בשנים 1984-1989-1995                                  |
| 23 | 10 | הבעלות והשליטה על הייצור האלקטרוני בעולם באחוזים                                      |
| 24 | 11 | התפתחות המכירות והיצוא של תעשית האלקטרוניקה הישראלית                                  |
| 26 | 12 | השוואת כלל היצוא של מדינת ישראל ללא יהלומים, עם היצוא של התעשייה האלקטרונית           |
| 28 | 13 | שווקי היצוא של מפעלי איגוד תעשית האלקטרוניקה ב-M\$ בשנים 1990-1985                    |
| 29 | 14 | חלקם היחסי של שווקי היצוא של מפעלי איגוד התעשייה האלקטרונית באחוזים, בשנים 1990-1985  |

15. המכירות והיצוא לפי מגזרים של מפעלי איגוד התעשייה האלקטרונית  
הישראלית ב-M\$ בשנים 1988-1990 32
16. היצוא לפי הגושים הגיאוגרפיים של מגזרי מפעלי איגוד התעשייה  
האלקטרונית הישראלית ב-M\$ בשנת 1990 [2] 33
17. תעסוקה ומבנה כח אדם במפעלי איגוד התעשייה האלקטרונית בישראל 35
18. התפתחות סך המכירות לעובד במפעלי התעשייה האלקטרונית הישראלית  
בשנים 1982-1990 36
19. סך המכירות לעובד במגזרים השונים של התעשייה האלקטרונית בארה"ב  
בשנת 1988 38
20. אחוזי ההוצאה למו"פ מסך המכירות של מפעלי איגוד תעשיית האלקטרוניקה  
בישראל 40
21. אחוזי ההוצאה למו"פ מסך המכירות של מפעלי איגוד תעשיית האלקטרוניקה  
בישראל 42

## רשימת טבלאות

## עמוד

- 1 ייצור התעשייה האלקטרונית לפי הגושים העולמיים, במיליארדי דולר 4
- 2 שערי המטבעות היפני והאירופי ביחס לדולר של ארה"ב 1984-1990 6
- 3 שוקי הקניה של מוצרי האלקטרוניקה של גושי העולם בשנים 1984-1990 ב-G\$ 8
- 4 הייצור בגושי העולם כאחוזים מכלל הייצור העולמי 9
- 5 שוקי הקניה של מוצרים אלקטרוניים בגושי העולם כאחוזים מכלל הייצור העולמי 11
- 6 התפתחות המאזן המסחרי של מוצרי האלקטרוניקה של גושי העולם 13
- 7 חלוקת המגזרים השונים של התעשייה האלקטרונית לפי [1] 17
- 8 היקף הייצור של הגושים העולמיים במגזרי התעשייה האלקטרונית בשנת 1990 ביחידות של G\$ 18
- 9 התפתחות מגזרי תעשיית האלקטרוניקה בשנים 1984-1990-1995 20
- 10 הבעלות והשליטה על הייצור האלקטרוני בגושי העולם השונים 22
- 11 המכירות והיצוא של התעשייה האלקטרונית במשך השנים 1980-1990 [2] 25
- 12 השוואת כלל היצוא של מדינת ישראל ללא יהלומים עם היצוא של התעשייה האלקטרונית 26
- 13 שוקי היצוא של מפעלי איגוד תעשיית האלקטרוניקה, ב-M\$, בשנים 1985-1990 27
- 14 חלקם היחסי של שוקי היצוא של מפעלי איגוד התעשייה האלקטרונית באחוזים, בשנים 1985-1990 29
- 15 המכירות והיצוא לפי מגזרים של התעשייה האלקטרונית הישראלית ב-M\$, בשנים 1988-1990 31

16. חלוקת היצוא של מפעלי איגוד התעשייה האלקטרונית הישראלית לפי מגזרים וגושים, בשנת 1990  
32
17. התפתחות התעסוקה במפעלי איגוד התעשייה האלקטרונית הישראלית בין השנים 1982-1990  
34
18. התפתחות של סך המכירות לעובד במפעלי איגוד התעשייה האלקטרונית הישראלית בין השנים 1982-1990  
37
19. סך המכירות לעובד במגזרים שונים של התעשייה האלקטרונית של ארה"ב בשנת 1988  
37
20. מדדים נוספים של מפעלי איגוד תעשיית האלקטרוניקה הישראלית לשנים 1985-1989 [2]  
39
21. אחוזי ההוצאה למי"פ מסך המכירות של החברות באיגוד תעשיית האלקטרוניקה בישראל  
39
22. אחוזי ההוצאה למי"פ מסך המכירות של מגזרים שונים בתעשייה האלקטרונית של ארה"ב [4]  
41
23. טבלות הצלבה בין מוצרים אלקטרוניים מייצגים לבין טכנולוגיות  
57-60