



## התשתית האוירונוטית בארצות ערב

פרופ' אביב רוזן • פרופ' יוסף רום

מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע ובטכנולוגיה

# **התשתית האוירונוטית בארצות ערב**

**פרופי א. רוזן**

**פרופי י. רום**

**יוני 1991**

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

## תקציר

הדו"ח מציג את התפתחות התשתית האוירונוטית בארצות ערב, כפי שהיא נראית בתום שנת המחקר הראשונה. תחילה מוצגת סקירה של התעשייה ומכוני המחקר בארצות בהן מתרכז הסקר: מצרים, ערב הסעודית, עירק וסוריה. כמו כן ישנה התייחסות גם לירדן וללוב. מוצגת סקירה של המפעלים השונים, המוצרים בהם מדובר, הסטוריה תעשייתית של המפעלים והארגונים ולעתים גם מגמות לעתיד. בהמשך נסקרים הקשרים האוירונוטיים הבינלאומיים בין ארצות ערב למדינות אחרות, קשרים המצביעים על מגמות התפתחות וכוונות לעתיד.

הפעילות האוירונוטית באוניברסיטאות ערביות הוגברה מאד בשנים האחרונות. הדבר ניכר גם בחוראה, אך בעיקר במחקר. ישנה פעילות מחקרית מתגברת בשטחים של אוירודינמיקה, הנעה, מבנים, חלל ועוד. במקרים רבים ישנה התקשרות עם חוקרים מארצות נוספות כדי להאיץ את התפתחות המחקר. על איכות העבודה מוכיחה העובדה שהתוצאות מתפרסמות בעתונים מקצועיים מהשורה הראשונה.

## תוכן העניינים

1	תקציר
3	1 מבוא
4	2 תעשייה ומכוני מחקר
4	2.1 מצרים
10	2.2 ערב הסעודית
12	2.3 עירק
15	2.4 סוריה
15	2.5 ארצות אחרות
16	3 קשרים אירונטיים בינלאומיים ופעילויות נוספות
19	4 פעילות בהנדסה אירונטית במוסדות אקדמיים
19	4.1 תכניות לימודים ומתקנים
20	4.2 פרסומים מדעיים ומחקר באוניברסיטאות
25	5 סיכום
26	נספח א - רשימת פרסומים
27	- רשימת פרסומים בעלי התיחסות ישירה לנושא
31	- פרסומים נוספים

**1. מבוא**

הפיתוח של תשתית אוירונוטית בארצות ערב בחמש עשרה השנים האחרונות היה אינטנסיבי מאד. בהמשך תיסקר התפתחות זאת על הבטיה השונים. העבודה התרכזה מראש בארבע מארצות ערב: מצרים, ערב-הסעודית, עירק וסוריה. בשנת המחקר הראשונה נאסף חומר משמעותי על הפיתוח במצרים, ערב הסעודית ועירק אך נמצא מעט מאד חומר בכל הנוגע לסוריה. למרות ההתרכזות בארבע ארצות אלה, יתוארו גם פעילויות בולטות בנושאים אוירונטיים גם בארצות ערב אחרות, כמו ירדן או לוב.

פרק 2 יסכם את הפעילות בתעשייה ומכוני מחקר. הסקירה במקרה זה תהיה לפי הפעילות במדינות השונות.

היות וחלק ניכר בהתפתחות האוירונוטית תלוי ביבוא ידע ויועצים מקצועיים, יעסוק פרק מס. 3 בקשרים אוירונטיים בין ארצות ערב לארצות אחרות. קשרים אלה מתבטאים בהעברת ידע וביקורי מומחים. בנוסף יעסוק פרק זה בכנסים ותצוגות תעופתיים שנערכו במדינות ערב ושמשו מנוף להגברת שיתוף הפעולה בין ארצות ערב השונות, וכן בין ארצות ערב לארצות במערב.

פרק מס. 4 יעסוק בפעילות אוירונוטית במוסדות האקדמיים. במסגרת זו תיבחן ההוראה של נושאים אוירונטיים באוניברסיטאות בארצות ערב. בנוסף תיבחן גם הפעילות המחקרית באוניברסיטאות והביטוי שלה בפרסומים מדעיים.

## 2. תעשייה ומכוני מחקר

ארצות ערב הינן לאורך תקופה ארוכה צרכן גדול ביותר של נשק. כמובן שחלק נכבד ממאמץ הרכישה מופנה לצד האוירונאוטי הכולל כלי טיס וטילים לסוגיהם השונים. כבר לפני עשרות שנים הגיעו ארצות ערב למסקנה כי בצד הרכישה המאסיבית, עליהן גם לבנות כושר פיתוח וייצור עצמי. בצורה זו תקטן התלות במדינות אחרות, והמדינות תוכלנה, במידת הצורך, לפתח אמצעים אשר היצרנים אינם מוכנים עדיין למכור להם, או אמצעים המותאמים לצרכים מיוחדים ושאינם להשיגם בשוק. כמו כן ראו מדינות ערב בפיתוח כושר הייצור הצבאי גם אמצעי לפיתוח הכלכלה הלאומית ע"י קידום התעשייה העצמית כולה, כשלכך נלווה גם הצד הכלכלי של הסכון בכסף המופנה לרכישה בחו"ל, וכמו כן אפשרות ליצוא סוגים שונים של מוצרים. לכל אלה נוסף גם המימד המדיני והתעמולתי של העלאת הגאווה הלאומית באמצעות ייצור ופיתוח עצמי של מערכות נשק אוירונאוטי כגון טילים, מטוסים וחימוש אוירי.

נראה שלאורך תקופה ארוכה שבה נשענו רוב ארצות ערב על יבוא נשק מזרחי, היתה העברת המידע הכרוכה ברכישות אלה קטנה יחסית, כאשר המוצרים מובאים בצורתם הסופית ואינם מורכבים במדינות הרוכשות. בחינת ההתפתחות של התעשייה הערבית מראה שרוסיה וארצות הגוש המזרחי לא תמכו ולא עודדו הקמת תשתית תעשייתית בארצות ערב. דווקא עם המעבר של ארצות כמו מצרים ועירק, לרכישות נשק מסיביות בארצות מערביות, אנו עדים לכך שרכישות אלה כוללות הרכבת וייצור חלק מהמוצרים בארצות עצמן, תוך העברת ידע רב ומעורבות רבה של יועצים-מומחים מערביים בתמיכה בפיתוח התעשייתי במדינות הערביות.

בהמשך סעיף זה תובא סקירה של התעשייה התעופותית ומכוני המחקר בארבע הארצות שבהן מתרכז המחקר: מצרים, עירק, ערב הסעודית וסוריה. כמו כן תובא גם סקירה קצרה על הנעשה במדינות אחרות.

### 2.1 מצרים

מצרים הינה המדינה הערבית העיקרית שבה תעשייה צבאית המסוגלת לתמוך בצורה משמעותית בצבאה. המפעלים הצבאיים במצרים נמצאים תחת הפיקוח של שתי רשויות: הרשות הלאומית לייצור צבאי והרשות הערבית לתיעוש.

### 2.1.1 הרשות הלאומית לייצור צבאי

הרשות הלאומית לייצור צבאי כפופה למשרד המצרי לייצור צבאי והיא מפקחת על החברות לייצור צבאי על שטחיו השונים. רוב הייצור במקרה זה אינו בתחום התעופתי. המוצרים הקשורים במומחיות אירונוטית כוללים: טילים המשוגרים באמצעות מטולים, טילים קצרי טווח, מנועי רקטה עבור הטילים השונים שהוזכרו, מתקני מכ"ם, וציד לתצפית אורית.

### 2.1.2 הרשות הערבית לתעש (Arab Organization for Industrialization - AOI)

רשות זו נוסדה ב-1975 כתוצאה מהסכם בין-ערבי להקמת תשתית תעשייתית שתדאג להקמה ופיתוח של תעשיות צבאיות מתקדמות לצרכי ארצות ערב, ואף ליצוא. הסכום הראשוני שהוקדש להקמת הרשות עלה על מיליארד דולר. ב-1979, כתוצאה מהסכמי קמפ-דייוויד, פרשו שאר השותפים ומצרים נשארה לבדה. למרות זאת, גם בתקופת בידודה של מצרים בעולם הערבי, התפתחה הרשות בתנופה והיתה מעורבת בתכניות חשובות בתחומי המטוסים, מנועים וציד אחר.

הרשות מאורגנת בחמש חטיבות ראשיות הכוללות:

- א. מפעל המטוסים בחלואן
- ב. מפעל המנועים בחלואן
- ג. מפעל צקר בהליופוליס
- ד. מפעל קאדר בהליופוליס
- ה. מפעל האלקטרוניקה

בנוסף קיימות ארבע חברות בת הכוללות את:

- א. החברה הערבית-אמריקאית לכלי רכב
- ב. החברה הערבית-בריטית לדינמיקה
- ג. החברה הערבית-בריטית למנועים, בחלואן
- ד. החברה הערבית-בריטית למסוקים, בחלואן.

הרשות מעסיקה כ-20,000 עובדים שמתוכם כ-3,000 מועסקים בחברות הבת. למפעלי הרשות חוזים ליצוא עד שנת 1994 (עם חברות צרפתיות, קנדיות, אמריקאיות וברזילאיות) בעלות של 110 מליון דולר. בראש הרשות עמד עד שנת 1989 אתמד זנדו. לחץ יפורטו המפעלים השונים וחברות הבת.



### 2.1.2.1 מפעל המטוסים בחלואן (מפעל 36)

המפעל הוקם בשנת 1950 כאשר בשנת 1965 החל בייצור 65 מטוסי אימון מסוג "קהיר 200". חלק מהמטוסים נמצא עדין בשימוש כמטוסי מטרה. באותה תקופה עסק המפעל בפיתוח מטוס היירוט הקל מסוג "קהיר 300". נבנו שלושה אבות-טיפוס של מטוס זה. המטוס דמה ל"מיג-21" אולם כונסי האויר מוקמו בתחתית הגוף. פרויקט זה הופסק לאחר המפלה ב-1967. בעקבות צירוף המפעל לרשות, ומעבר מצרים לרכישת והפעלת כלי טיס מערביים, זכה המפעל לפריחה משמעותית. כאשר רכשה מצרים 45 מטוסי "אלפא-גיטי" (Alpha Jet), 30 לאימון מתקדם ו-15 לתקיפות קרקע, יובאו הארבעה הראשונים מכל סוג במצב טיסה, כאשר כל שאר המטוסים הורכבו במפעל המצרי ממערכות שהובאו ממפעלי "מרסל דאסו" בצרפת. הטיסה הראשונה של מטוס בהרכבה מצרית בוצעה ב-1982, כאשר הייצור הסתיים ב-1985. התכנית כללה גם ייצור רכיבים שונים (מדפים, מאזנות, חלקי גוף וכו') במפעל המצרי. מנועי המטוסים יוצרו גם כן במפעל המנועים (ראה להלן).

בעקבות רכישת מטוסי מיראז' 2000 (Mirage 2000) לחיל האויר המצרי (החל מ-1986) החל המפעל בייצור חלקים שונים למטוס זה. בנוסף מיוצרים במפעל מיכלי דלק נתיקים לרוב סוגי המטוסים מתוצרת מערבית ומזרחית שבשימוש חיל האויר המצרי. המפעל מעסיק כ-3,000 עובדים.

### 2.1.2.2 מפעל המנועים בחלואן (מפעל 135)

מפעל המנועים נוסד בשנת 1962. בשנת 1965 החל בייצור המנוע "E-200" עבור מטוס האימון "קהיר 200" (ראה התייחסות בסעיף על מפעל המטוסים בחלואן), ולאחר מכן ייצר גם את המנוע "E-300" עבור מטוס היירוט "קהיר 300" (אשר פתח דחף של 5,000 ק"ג).

במשך השנים ייצר המפעל גם ציוד עזר לטיפול במנועים וכן מוצרים שונים שאינם אוירונאוטים.

עם צירוף המפעל לרשות הערבית לתיעוש הושפע גם הוא מהכיוון המערבי וכמו כן היה מעורב בפרויקטים שונים שבוצעו במפעלים האחרים. בעקבות הרכבת מטוס ה"אלפא-גיטי" הורכב במפעל מנוע ה"לארזאק-04" (Larzac-04) של מטוס זה. עם ייצור מטוס האימון הברזילאי "טוקאנו" (Tucano) (ראה בהמשך תאור מפעל קאדר) החל המפעל בשנת 1985 בהרכבת המנוע PT-6A-25E מתוצרת חברת "פרט-אנד-וויטני" (Pratt & Whitney) המורכב במטוס זה.

כיום עובדים במפעל כ-3,500 איש והוא עוסק, בנוסף להחזקת המנועים שהוזכרו, גם באחזקת ושיפוץ מנועים אחרים כמו: מנוע ה-M-35 של חברת סנקמה הצרפתית (SNECMA) הנמצא בשימוש במטוס "מיראז' 2000", מנוע של חברת גינרל אלקטריק (GE T64), מנועים של חברת אליסון האמריקאית (Ellison T56) וכן מנועים נוספים של חברת סנקמה.

### 2.1.2.3 מפעל צקר בהליופוליס (מפעל 333)

מפעל זה נוסד בשנת 1954 כתשתית תעשייתית למחקר, פיתוח וייצור מערכות טילים. המערכות כוללות טילים לכוחות הקרקע וכן טילים לחיל האוויר המצרי. תחומי הייצור כוללים:

- א. תחמושת ארטילרית: פגזי מטל"רים (מטולים רקטים) בקוטר 122 מ"מ בעלי טווח של עד 36 ק"מ.
- ב. תחמושת לכוחות החי"ר: המפעל מייצר טילי כתף מסוג "אר-פי-גי-7" (RPG-7) נגד אדם, בצורים ושריון. כמו כן מייצרים טילי תאורה לטווח 5 ק"מ וטילי עשן לטווח 6 ק"מ.
- ג. חימוש לכוחות ההנדסה - מערכות טילים לפתיחת שבילים בשדות מוקשים.
- ד. חימוש לכוחות הגנה אווירית - טילי מטרה למטוסי אימון וכן טיל מונחה נגד מטוסים מנמיכי טוס "עין אלצקר", שהוא פיתוח של הטיל הסוביטי SA-7 שנעשה בעזרת חברת "תומפסון" הצרפתית. החברה הצרפתית SAT מספקת את החישמן האינפרא-אדום לטיל.
- ה. חימוש לחיל האוויר - רקטות מסוג "פאב" בקוטר 80 מ"מ. בנוסף מייצר המפעל גם סוגי חימוש לא אירונותים כמו: רימונים, פגזי ארטילריה, מערכות פיזור מוקשים וכו'.
- ו. הרקטה הבלתי מונחית "סאקר 80" לטווח של 80 ק"מ, האמורה להחליף את טילי ה-Frog-7.

### 2.1.2.4 מפעל קאדר בהליופוליס (מפעל 72)

מפעל זה הוקם בתחילת שנות החמישים. מטוס האימון "אלגימהוריה" (מתכנון גרמני) היווה את תוצרתו הראשונה של המפעל. דגמים אחרונים של המטוס סופקו ב-1985. בשנות הששים ייצר המפעל גם את השריונית מסוג "וליד".

עיסוק המפעל בשריוניות המשיך גם לאחר הצטרפותו לרשות הערבית לתיעוש בשנת 1975. מאז שנת 1983 עוסק המפעל בייצור השריונית "פחד" - המתבססת על תכנון גרמני, כאשר חברת מרצדס מספקת את המרכב והמנוע. ב-1984 בוצעה התקנת מרגמה 120 מ"מ על נגמ"ש "M-113" ולאחר מכן שופר השריון של כלי זה.

בתחום האווירונאוטי התמקדמו מאמצי המפעל במטוסי אמון ומזל"טים. באוקטור 1983 נחתם חוזה בין המפעל הברזילאי "אמברר" (Embraer) והמפעל המצרי לייצור 120 מטוסי אימון מונעי מדחף מסוג "טוקאנו" (Tucano) (40 לחיל האוויר המצרי ו-80 לחיל האוויר העירקי). עשרת המטוסים הראשונים יובאו לאחר הרכבה בברזיל, כאשר כל השאר הורכבו במצרים ממערכות שהוכנו בברזיל. גם מנועי המטוסים יוצרו במצרים (ראה מפעל המנועים לעיל). העברת המטוסים לחיל האוויר המצרי החלה בנובמבר 1985 והסתיימה בינואר 1987 עם העברת המטוס ה-42 קיימת אופציה לייצור עוד 60 מטוסים.

בתחום המזל"טים הצהירה החברה על כוונה להכנס לשטח, אך לא ידוע על פרויקטים מסוימים בתחום זה.

#### 2.1.2.5 מפעל האויתקה

מפעל זה הוקם בשנת 1979 ומוצרו כוללים:

- א. מכשיר אלחוט אוירי מסוג "אירא 7000" (TRT ERA 7000) הנמצא במטוסי "מיראז", "אלפא-גיט", "טוקאנו" ומסוק ה"גול". מכשיר זה מיוצר ברשיון מחברת TRT.
  - ב. כבלי החשמל למטוס ה"טוקאנו" ברשיון מחברת "אמברר" הברזילאית.
  - ג. מעגלים חשמליים במערכות שיגור טילים צרפתיים מסוג "רולאן" (Rolan), "קרוטאל" (Thompson-CSF) (Crotale), "מאגיק-2" (Magic-2), עבור החברות הצרפתיות מאטרה (Matra), אירוספסאל (Aerospaciale) וסאת (SAT).
  - ד. יחידות מכ"ם סיראנו 4 (Cyrano IV) המורכבות במטוסי קרב צרפתיים.
  - ה. מסכים עיליים (Head-up display) של חברת Thompson-CSF.
- בנוסף מייצר המפעל גם ציוד אלקטרוניקה כללי כמו מרכזיות וטלפוני שדה וכן מרכזיה אלקטרונית.

#### 2.1.2.6 החברה הערבית-אמריקאית לכלי רכב

אינה מייצרת ציוד תעופתי.

#### 2.1.2.7 החברה הערבית-בריטית לדינמיקה

הוקמה בשנת 1978 כחברה משותפת בין הרשות הערבית לתיעוש לבין חברת "בריטיש אירוספייס" (British Aerospace). החברה מתמחה בנושאים הבאים:

- א. ייצור מערכות טילים מונחים מסוגים שונים, כולל כל הרכיבים האלקטרוניים והמכניים העדינים. בין השאר עוסקת החברה בייצור הטיל הבריטי "סווינגפייר" (Swingfire). היא אף פיתחה מודלים משופרים של הטיל שכללו הגדלת ראש הנפץ והמנוע ושיפור רכיבים נוספים. החברה גם פיתחה מודל משופר של הטיל קרקע-אוויר הרוסי SA-2.
- ב. ייצור מערכות ניווט יבשתיות בשיתוף עם חברת "סינגר-קורפוס".
- ג. ייצור כבלים חשמליים.

### 2.1.28 החברה הערבית-בריטית למנועים בחלואן

הוקמה בשנת 1978 כחברה משותפת בין הרשות הערבית לתיעוש לבין חברת "רולס-רויס" (Rolls-Royce) והתמחתה בתיקון ושיפוץ מנועים שונים הכוללים:

- א. מנוע TV2-117A המותקן במסוק הסוביטי מתוצרת "מיל" מסוג "מי-8" (Mil, Mi-8)
- ב. מנוע "אסטזו" (Astazou XIVH) המותקן במסוק הצרפתי "גאזל" (Gazelle)
- ג. מנוע חבוכנה VO-540 של חברת לייקומינג (Lycoming) המותקן במסוג "הילר 12" (Hiller 12).
- ד. מנוע "גנום-H-1400" (Gnome H-1400) המותקן במסוקים הבריטיים שבשימוש הצבא המצרי "קומנדו" (Commando) ו"סי-קינג" (Sea-King).

בנוסף עוסק המפעל בטיפול במנוע טורבינה מסוג אסתא המשמש להנעת קטרים. בחברה כ-400 עובדים.

### 2.1.29 החברה הערבית-בריטית למסוקים בחלואן

חברה זו החלה לפעול בשנת 1978 במטרה להקים תשתית תעשייתית לתעשיית המסוקים. החברה היתה מתוכננת לעסוק בהרכבת מסוקי "לינקס" (Lynx) בריטיים, אך התכנית בוטלה. פעולת החברה החלה בהסבת 54 מסוקי "גאזל" לדגם המתקדם יותר SA-342L. לאחר מכן נחתם עם חברת ארוספטיאל חוזה להספקת עוד 36 מסוקי SA-342L שכולם, להוציא ששה, הורכבו במפעל תחת רישיון. הפעולה החלה ב-1983, כאשר המסוק הראשון נמסר לחיל האוויר המצרי בדצמבר 1983. הייצור, שחסיים בינתיים, היה קשור גם במנועי המסוק שיוצרו (ראה לעיל) בחברה הערבית בריטית למנועים.

החברה ממשיכה בתיקון ושירות מסוקים שונים. כמו כן נעשה כעת מאמץ להקים במסגרת החברה מפעל לייצור חומרים מרוכבים (composite materials) ורלקים תעופתיים מחומרים אלה.

## 22 ערב הסעודית

ערב הסעודית הציגה בשנים האחרונות התפתחות מהירה ביותר בשטח האווירונאוטי (ראה גם סקירת הפעילות באוניברסיטאות בהמשך). הקמת התעשייה האווירונאוטית הסעודית, הנמצאת כעת בעיצומה, מתאפשרת בעקבות הרכישות הגדולות של ציוד אווירונאוטי והסכם האופסט שבצדן (בעיקר הסכם הרכש הגדול Peace Shield). הקמת התעשייה נמצאת בפיקוח "הועדה הכלכלית הסעודית לאופסט" (Saudi Arabian Economic Offset Committee). התעשייה האווירונאוטית הסעודית כוללת את החברות הבאות:

- א. חברת "אלסלם" למטוסים (Alsalam Aircraft Company, Ltd.)
- ב. החברה לאביזרים וחלקים אווירונאוטיים (Aircraft Accessories and Components Company-AACC)
- ג. החברה לאלקטרוניקה מתקדמת (Advanced Electronics Company, Ltd. - AEC)
- ד. החברה הבינלאומית להנדסת מערכות (International Systems Engineering Company Ltd. ISE)
- ה. החברה המזרח-תיכונית להנעה (Middle East Propulsion Company Ltd. MEPC)

כל חברה הינה השקעה משותפת, תוך חלוקה שווה, בין ערב-הסעודית וחברה אווירונאוטית מערבית. כל החברות תמוקמנה במרכז לתעשייה אווירונאוטית ליד נמל התעופה הבינלאומי ע"ש המלך תאליד שבריאד. המרכז נמצא כעת בבניה מואצת. כעת משוכנות חלק מהחברות במבנים ארעיים. בהמשך הדו"ח תתוארנה חמש החברות ביתר פירוט.

### 22.1 חברת אלסלם למטוסים

חברת זו הוקמה במטרה לתת שרותי אחזקה, שינויים והשבחה, למטוסים ומסוקים. הכוונה לשרת את הסקטור האזרחי והצבאי. בחברה שותפים מספר גורמים סעודיים כמו חברות תעופה וחברות טכנולוגיות, כאשר השותף החיצוני הבכיר הינו גוף הצקרא: BITG - Boeing Industrial Technology Group. חוץ מבוניג חברים בשותפות זו גם, ITT, United Support and Services Company ו-Westinghouse. מתקני החברה כוללים כיום שלושה מוסכים (hangars) גדולים היכולים כל אחד לאכסן מטוס Boeing-747. התכנון מאפשר הגדלה עד לתשעה מוסכים. בנוסף ישנם גם 18 בתי מלאכה. בתי מלאכה אלה כוללים: ייצור ותיקון מבנים, טיפול באויניקה, טיפול בתאי נוסעים, טיפול בגלגלים ומעצורים, בדיקות בלתי הרסניות (non-destructive testing) ועוד. בנוסף קיים מתקן מיוחד לשיטפה וצביעה של מטוסים. החברה מורשה לטיפול במטוסים של החברות Airbus, Boeing, British-Aerospace, Fokker, Lockheed ו-McDonald-Douglas. המטוסים כוללים מטוסי נוסעים (A300, B747, B707 ועוד) ומטוסים צבאיים כגון (C130, F15 ועוד).

הצוות המקצועי הראשון של המפעל גויס ברחבי העולם וכולל כנראה מיעוט סעודי בלבד. יחד עם זאת קיימת כוונה מוצהרת להחליף את המומחים הזרים על ידי כוח אדם סעודי. למטרה זו הוקם מרכז הדרכה בעזרת חברת BITG. בעתיד אמור כוח אדם מקומי להחליף לא רק את הצוות הטכני אלא גם את הדרג הניהולי.

המחזור הצפוי של המפעל, העתיד להתחיל לפעול בצורה סדירה במתקן החדש בשנת 1992, הינו 100 מליון דולר לשנה.

#### 2.2.2 החברה לאביזרים ותלקים אוירונטיים (AACC)

בחברה זו יוקמו מתקנים לתיקון ושיפוץ מערכות אוירונטיות כמו: מערכות בקרה, מערכות פנאומטיות, מערכות חמצן, מערכות דלק מערכות הידרוליקה וכו'. הכוונה לטפל במגוון רחב של מוצרים, החל מכך-הנחיתה של B747 ועד לווסת זעיר במערכת הבקרה של מסוק. השותפים בחברה זו כוללים שוב את BITG וכן החברה הבריטית Dowty. החברה עתידה להעסיק 570 עובדים וצפוי מחזור שנתי של 50 מליון דולר.

#### 2.2.3 החברה לאלקטרוניקה מתקדמת (AEC)

תפקיד החברה לייצר ולתקן ציוד אלקטרוני. החברה עוסקת, ועתידה להרחיב עיסוקה, במגוון רחב ביותר של ציוד אלקטרוני, צבאי ואזרחי. ציוד זה כולל מכשירי רדיו, מכשירי מכ"ם ועוד. כרגע כמעט ואין החברה עוסקת באיוניקה.

השותף הזר בחברה הינו שוב BITG.

כיום נמצאת החברה במבנים ארעיים, אך היא עתידה לעבור למבנים החדשים בסוף שנת 1992. גם חברה זו הצחירה כי מטרתה להכשיר צוות מקומי שימלא את כל התפקידים.

#### 2.2.4 החברה הבינלאומית להנדסת מערכות (ISE)

חברה זו אמורה לספק מגוון רחב של שרותים הקשורים במחשבים והכוללים: הנדסת תוכנה, תכנון מערכות, אינטגרציה של מערכות, ייצור בעזרת מחשב ועוד. בצד חברות סעודיות השותף הזר הינו Boeing Computer Services (BCS).

## 2.2.5 החברה המזרח תיכונית להנעה (MEPC)

חברה זו מיועדת לעסוק בתחילה בתיקון ושיפוץ תת-מערכות שונות של מנועים. מאוחר יותר תעסוק בתיקון, שיפוץ ואחזקה של מנועי סילון שלמים. מספר המועסקים בחברה אמור להגיע ל-400 עובדים. השותפים הזרים בחברה הינן החברות גנרל אלקטריק (General Electric) ופרט-אנד-וויטני (Pratt & Whitney).

### 23 עירק

אין ספק שמטרות עירק בתחום היכולת האווירונוטית, כמו גם בתחומים אחרים, עולות ביומרתן על ארצות ערב האחרות. במקביל גם השגיה של עירק עולים בהרבה מקרים על השגי המדינות האחרות. הסקירה מציגה את ההתפתחות כפי שהיתה עד למלחמת המפרץ. לאור תוצאת המלחמה, יש להניח שיהיו שינויים מהותיים בפיתוח התעשייה של מערכות נשק בעירק בעתיד. בשלב זה יש להניח שחלק גדול מהמערך התעשייתי המתואר בסקירה נחרס, אך בכל מקרה היכולת התעשייתית-טכנולוגית, הידע וכוח האדם המדעי-טכנולוגי נשמרו.

ההצלחות הראשונות שהיו לעירקים בתחום ייצור חימוש בכלל, וחימוש אווירונטי בפרט, הגדילו מאד את בטחונם ביכולתם לחדור לכל תחומי הטכנולוגיה המתוחכמת. הם ראו בכך איום על אחד העקרונות היסודיים בתאוריית הבטחון של ישראל המתבססת על רעיון העליונות האיכותית והטכנולוגית בתחומים הצבאיים והמדעיים השונים. בהכירם את החשיבות העצומה של התחום האווירונטי, זכה תחום זה לעדיפות רבה. במקרה של עירק ישנה הסתרה רבה של הנעשה בתוך המדינה. בדרך כלל ידוע על המוצרים (במקרים רבים הם נושא להתרברבות השלטונות), אך מעט מאוד ידוע על מבנה התעשייה.

בין השגיה של התעשייה האווירונוטית העירקית ניתן למנות את:

- א. טילי קרקע-קרקע מסוג אל-חוסין ואל-עבאס
- ב. פיתוח הטיל קונדור
- ג. מטוסים לתדלוק אווירי
- ד. הסבתם של מטוסים, הן מתוצרת מזרחית והן מתוצרת מערבית, לנשיאת סוגי נשק שלא תוכנן לנשיאה במקור
- ה. מטוס ההתראה המוקדמת "עדנאן-1"
- ו. טיל היירוט "אלפאו-1"
- ז. פצצות דלק בעלות כוח הרס רב.

טיילי הקרקע-קרקע מסוג אל-חוסייין ואל-עבאס מבוססים על טיילי הסקאד B הרוסיים. נעשו שינויים בטיילים כדי להגדיל את טווחם. שינויים אלה כללו הקטנת גודלו של ראש הנפץ לכ-400-150 ק"ג וכן הוספת שלב נוסף (אל-עבאס). מעריכים כי טווח הטיל אל-חוסייין הוא 600 ק"מ כאשר טווח האל-עבאס הוא 900 ק"מ. פיתוח הטיילים התרכז בשלושה מפעלים ואתר ניסויים אחד. המפעל DO-1 באל-אילע (Al-Hillah) שמדרום לבגדד מייצר דלקים לטיילים. התפוצצות הרסה חלקים ממפעל זה ב-17 לאוגוסט 1989, וגרמה לחללים רבים. דווח שבין החללים היו גם מומחים מחו"ל (מצרים?). המפעל DO-2 בפלוגיה (Falujah) מערבית לבגדד עוסק בייצור טילים בליסטיים. המפעל השלישי הקרוי פרויקט 124 נמצא גם הוא באזור פלוגיה. המפעל הנ"ל מטפל בשני הסקאד B לטיילי "אל-עבאס" ו"אל-חוסייין". אתר הניסוי שבכרבאלא (Karbala) מדרום מערב לבגדד, משמש כנראה גם להרכבת חלקים מסויימים של טילים.

מתקן "סאד-16" (Saad-16), שליד מוסול בצפון עירק, עוסק במחקר ופיתוח טיילי קרקע-קרקע בליסטיים. מפעל זה מעורב בפיתוח הטיל "קונדור-2" (Condor-2). לטייל זה המונע בדלק מוצק (בניגוד לסקאד ושיפוריו), טווח משוער של 1,000 ק"מ. פיתוח טיל זה החל בשיתוף עם ארגנטינה ומצרים, כנראה דרך סניפי החברה הגרמנית MBB בארצות אלה. מצרים וארגנטינה נתקו קשריהם עם הפרויקט בלחץ ארה"ב, אך עירק ממשיכה בפיתוח לבדה. הידיעות טוענות כי הניסוי הראשון של טיל זה אמור היה להתבצע ב-1992.

בעת מלחמת אירן-עירק הרגישו העירקים בצורך להגדיל את טווח מטוסייהם. הדבר נעשה על ידי פיתוח טכניקות וציוד לתדלוק אוירי. ידועות לפחות שתי טכניקות של תדלוק: בטכניקה אחת משתמשים במטוס מיראז' שלו מיכל תדלוק מרכזי לתדלוק מטוסי קרב כמו המיג 23. בטכניקה השניה משתמשים במטוס תובלה רוסי אנטונוב An-12 שהוסב לתפקיד של מטוס תדלוק. הסבה זו בוצעה על ידי עירק.

פיתוח מרשים אחר של העירקים כלל כנראה כארבעה מטוסי תובלה רוסיים "אליושין" IL-76 שהפכו למטוסי התראה מחסוג הידוע כ-AWACS. המכ"ם מחובר לבטן המטוס. במטוסים אלה נעשה שימוש בשלבים האחרונים של מלחמת אירן-עירק. המטוסים אינם מגיעים בתחכום למקבילים להם בצבאות המערב, אך התעוזה הטכנית וההישג ראויים לציון. המטוסים הללו מכונים "עדנאן-1" (Adnan-1).

פצצות הדלק שבחן התפארו העירקים יוצרו כנראה בעזרת טכנולוגיה שהועברה לעירק על ידי החברה המערב-גרמנית MBB וכן חברת הניוול (Honeywell) האמריקאית.



גם ברזיל תרמה לפיתוח התעשייה האווירונוטית בעירק. חברת אויברו (Avibras) הברזילאית סיפקה לעירק משגרי רקטות מסוגים שונים, כאשר טכניקת הייצור של הרקטות הועברה לעירק והרקטות מיוצרות שם.

בהודמנות זו כדאי להזכיר כי בכל מקרה נענו חברות ומדינות לתאבון הגובר של עירק. בהתאם לידיעות בעתונות הרי שהעירקים ניסו להעזר בחברות בריטיות לשם פיתוח טילי שיוט. בנסיונות שהוסו, ניסו העירקים לפנות לפחות לשתי חברות בריטיות, זאת דרך חברת ייעוץ לאוירודינמיקה, כדי לקבל עזרה בביצוע ניסויים בנקבת-רוח של שתי מערכות מונעות במנועי מגח סילון (ramjet). פניות אלה נעשו בסוף שנת 1989. החברות שאליהן נעשתה הפניה, פנו בתגובה למשרד הגנה הבריטי שיעץ להן לא להענות לבקשות. היועץ האוירודינמי ששימש כמתווך טען שנעשה מעורב עקב קשרים עם סטודנטים עירקיים שהיו לו. הוא טען לעומת זאת כי הפרויקט לא עסק כלל בטייל שיוט, אלא בפיתוח מנוע מגח-סילון לצרכי הוראה באוניברסיטה של בגדד. מדען בריטי זה ביקר בעירק ולפי דבריו במרכז מחקר עירקי ליד העיר מוסול, כנראה בסיס "סאד-16", קיימות שתי נקבות רוח, תת-קולית ועל-קולית. ידוע שהנקבה העל-קולית תוכננה על ידי חברת AVL האוסטרית, ונבנתה על ידי החברה המערב גרמנית Avia-Test.

הפיתוח האווירונטי שתואר הינו מרשים ביותר. הוא מוכיח ללא ספק על כושר רב שפותח בצורה מואצת. יחד עם זאת יש לזכור שכל הפיתוחים נעשו תוך עזרה רבה מגופים רבים ושונים בחו"ל. העזרה הגדולה ביותר הגיעה מחברות וגופים שונים בגרמניה. ידיעות רבות מצביעות על כך שמפעל MBB סייע לעירק בהקמת שלושה מפעלים גדולים לייצור טילים המסוגלים לשאת מטענים גרעיניים. הסניפים של MBB במצרים ובארגנטינה השתתפו גם כן בפרויקט. מענין לציין כי הטכנולוגיה שרכשה עירק בגרמניה הועברה מאוחר יותר לרומניה, וכי שליטי שתי המדינות חתמו באפריל 1989 על הסכם שבעקבותיו החלה רומניה לבנות מפעל טילים בהתאם לדגם העירקי.

עזרה רבה לעירק הגיעה גם מחברות אחרות בכל ארצות אירופה, ברזיל וארצות אחרות. בחלק גדול מהמקרים השתמשו העירקים בתחבולות שונות כמו הקמת חברות כיסוי בחו"ל שתפקידן לחסות את הקשרים עם עירק.

כדאי להדגיש כי עירק ניסתה אף להעזר בארצות ערב. כמובן שבמקרה זה מקור העזרה הטבעי היה במצרים. בסקירה של התעשייה במצרים צוינו מטוסי ה"טוקאנו" שיוצרו במצרים עבור ברזיל. כפי שהוזכר לעיל, הופעל גם פרויקט משותף מצרי-עירקי בייצור טילים אשר הופסק רק בלחצי ארה"ב. מומחים מצריים אף הועסקו בעירק.

דוגמא מעניינת לשאיפה הבלתי מרוסנת של עירק לרכישת טכנולוגיות חדשות הינו סיפור רכישת מפעל Lear Fan. המפעל הוקם לפני יותר מעשר שנים במטרה לייצר את מטוס הטורבו-פרופ המהפכני שהיה בנוי ברובו מחומרים מרוכבים. הפרויקט המהפכני נכשל ופשט את הרגל בשנת 1985. בשנת 1989, תוך שימוש בתברות מסוות שונות, השתלטה עירק על מפעל זה ושינתה שמו ל-SRC Composites. המפעל תוכנן להתחיל בייצור חומרים מרוכבים וחלקים מהם כבר בראשית 1990. כנראה שהחלקים היו מיועדים לטיל הקונדור 2. הממשלה הבריטית עצרה עיסקה זו מתוך ידיעה שלא יקשה על עירק להעביר את הטכנולוגיה החדשנית לעירק בצורה שלא ניתן יהיה להטיל פיקוח על הייצור. המפעל נמכר לבסוף לחברת Shorts הסקוטית.

בעירק נמצא גם מרכז לחקר החלל בניהולו של ד"ר עלי אל-משט.

#### 24 סוריה

הפיתוח והייצור בסוריה מצויים תחת מעטה סודיות. ידוע כי לסוריה תעשייה צבאית העוסקת גם בנושאי תעופה, אך עד עתה לא נמצא חומר המפרט פעילות זו.

מכוני המחקר והפיתוח מאוגדים כנראה במסגרת SIRC (Syrian Industrial Research Center).

#### 25 ארצות אחרות

העבודה מתרכזת בארבע המדינות שבהן עסקו תת-הסעיפים הקודמים. יחד עם זאת יש מקום לציין גם פעילות במדינות ערביות אחרות.

#### ירדן

בשנת 1988 הקימה הממשלה הירדנית את התשלובת הירדנית לטכנולוגיה (Jordan Technology Group) - JTG. בשנת 1989 הגיעה החברה לחסכם עם חברת Schweizer האמריקאית להרכיב בירדן את המסוק הקל S-330. המטרה היתה להתחיל בייצור בחצי השני של 1990 ולייצר כ-100 מסוקים. בינתיים לא יצא הענין לפועל והחברה עוסקת כיום בשיפוץ מטוסי SNECMA Atar 9K-50 שהוא מנוע המיראז' (Mirage F1) כאשר בהמשך יש תכניות לטפל במנועים נוספים.

#### לבנון

פורסמו בעתונות ידיעות על ייצור מטוס קל בלבנון, כנראה מתכנון עצמי. אין ידיעות רבות על הנושא, אך המגמה מצביעה על רצון להגיע לכושר אוירונטי מסויים.

### 3 קשרים אוירונטיים בינלאומיים ופעילויות נוספות

בפרק הקודם שעסק בתעשיות פורטו רבים מהקשרים בין התעשיות האוירונטיות של ארצות ערב ותעשיות בחו"ל. בדרך כלל פורטו קשרים מסויימים בין תעשיות ערביות מסוימות, בארצות מסוימות, לבין תעשיות מסוימות בחו"ל. במסגרת הפרק הנוכחי נדון בקשרים כלליים בין ארצות ערב למדינות אחרות. בהמשך הפרק יוצגו גם קשרים שאינם תעשייתיים גרידא, המתבטאים בכנסים ותצוגות בינלאומיים.

מקריאת הפרק הקודם ניתן היה להבחין בדגש ששמות מדינות ערב על הקשרים עם מדינות חוץ, ורצונן העז ללוות קשרים אלה בהעברת ידע. צוינו הקשרים המסודרים בין מצרים, סעודיה ועירק, לגורמים מערביים שונים. לעומתם הוזכרו גם הקשרים המוסווים, ובמקרים רבים בניגוד לחוק, שיצרה עירק עם גורמים שונים בחו"ל. מסתבר שגם מדינה כמו מצרים, במקרה והינה נתקלת בצורך בטכנולוגיה שאינה יכולה להשיג בדרכים כשרות, אינה בוחלת באמצעים אחרים.

בחדש יוני 1990 התפוצצה פרשה שבה היו מעורבים שני אנשי צבא מצריים ושלושה תושבי ארה"ב (כנראה חלקם ממוצא ערבי). המעורבים הואשמו בכך שקשרו קשר להוציא מארה"ב, בצורה בלתי חוקית, חומר מיוחד שלו חתימת ראדר נמוכה ושבו משתמשים בייצור ראשי טילים ומטוסים חמקנים (Stealth). כדאי לציין שפרשה זו מהווה, כנראה, חריג ביחסים הטובים בין ארה"ב למצרים, אשר תוארו קודם לכן.

למרות שקודם לכן צוינו נסיונות עירקיים לרכוש טכנולוגיות מערביות בדרכים בלתי חוקיות (תוך הסוואת הקשרים עם עירק) חרי שאין להסיק מכך שעירק לא זכתה לשיתוף פעולה ממדינות מערביות (מעבר לתעשיות פרטיות שיוזמו קשרים ענפים). בינואר 1990 ביקר בעירק שר ההגנה הצרפתי. השר, שלווח במשלחת של פקידים רמי דרג, דן עם העירקים בהעברת טכנולוגיות אוירונטיות מתקדמות. חודש לפני כן ביקרה בעירק משלחת של נציגי תעשיות צרפתיות גדולות, ביניהן מפעל "מרסל-דאסוי". בראש המשלחת עמד אחיו של הנשיא מיטראן. המשלחת דנה בשיתוף פעולה בין עירק לצרפת בנושאים טכנולוגיים מתקדמים. למרות שלא פורסמו פרטי השיחות, מסרו מקורות דיפלומטיים כי אחד הנושאים בשיחה היתה אפשרות הייצור של מטוסי הקרב המתקדמים Mirage 2000 בעירק.

השיחות של עירק עם גורמים צרפתיים בקשר לייצור מטוס ה-Mirage 2000 היו רק הוכחה נוספת לרצונה העז של מדינה זו לייצר מטוס סילוני מתקדם, ועל ידי כך להפחית את תלותה בגורמי חוץ. העירקים גם ניחלו משא ומתן עם British Aerospace על הרכבה וייצור אפשרי של 100 מטוסי אימון סילוניים מסוג "חוק"

(Hawk). העסקה הגדולה (חצי מיליארד דולר) קסמה מאד למפעל הבריטי, אך לא אושרה מסיבות פוליטיות על ידי הממשלה הבריטית. במסגרת רצונם לייצר מטוס סילון הראו העירקים גם התענינות במטוס MBB-339 המיוצר על ידי Aermachi באיטליה, וכן במטוס C-101 מתוצרת CASA בספרד. למיטב הידיעה, ההתענינות לא הפכה לחוזה בפועל.

בפרק על תעשיות הוזכרו הקשרים החוקים שנוצרו בין ערב הסעודית לחברות בארצות הברית, כתוצאה מרכישות הענק של מדינה זו בארה"ב. בעקבות הרכישות של ציוד צבאי בערך של 1.2 מיליארד דולר בבריטניה (עסקה שנקראה אל-יממא), שחלק גדול מהן כלל פריטים תעופתיים, החליטו הסעודים לנקוט שוב במדיניות של הפנית כספי האופסט של העסקה הזו לשיפור התשתית האווירונוטית. מתוך הפרויקטים שהציעה בריטניה זכו שניים לאישור. אחד מהם פרויקט של "רולס-רויס" העוסק בשיפור התשתית לטיפול במנועים, והשני פרויקט בו מעורבות חברות British Aerospace ו-Dowty. מדובר במפעל לאחזקה ושיפורים בטילים Sea-Eagle ו-Sea-Flash מתוצרת BAe וטילי אויר-אויר Sidewinder אמריקאיים.

במסגרת התפתחות התשתית האווירונוטית בארצות ערב כדאי לציין גם כנסים ותצוגות תעופתיים בארצות אלה.

באפריל 1988 נערכה באבו-דאבי תצוגה של תעשית הנשק המצרית. בתצוגה נכחו אנשי בטחון ותעשייה בכירים מנסיכויות המפרץ ומצרים. במסגרת התצוגה הוצגו מוצרים רבים של התעשייה האווירונוטית המצרית.

בחודש פברואר 1989 נערכה בדובאי תצוגה אווירית בינלאומית שנמשכה חמישה ימים. בתצוגה באויר ועל הקרקע השתתפו יותר מ-200 חברות מ-24 מדינות, והיא נערכה בשדה התעופה של דובאי. מאזור המזרח התיכון השתתפו: עומן, קאטר, ערב-הסעודית, כוויית, בהריין, מצרים, תימן, תורכיה ואף משלחת פלסטינאית. החברות המציגות כללו את British Aerospace ו-Ferranti מבריטניה, בצד חברות מאוסטרליה וארצות אחרות. בתצוגה שאורגנה על ידי חברה מחוייל בקרו 2000 איש ליום. בין המבקרים היו גם 130 עתונאים. בעתונות צוטטו שבחים מעתונאים ומציגים על רמתה הגבוהה מאד של התצוגה. מציגים רבים הביעו תקוות להגשמת עסקות שנקמו במחלך היריד. התצוגה הבאה תוכננה לסוף ינואר 1991, אך כנראה שהמתיחות באזור גרמה לביטולה.

בצמוד לתצוגה ב-1989 נערך כנס של שלושה ימים שעסק בתעופה בהקשר של: בטחון, תקשורת, לוינים ועוד. בכנס ניתנו הרצאות רבות, ביניהן הרצאות של מומחים מחוייל.

אם מזכירים את נסיכויות המפרץ ניתן לציין גם כנקודה מענינת כי פרופ' עוזר (Assistant Professor) סעיד קאלפו, מאוניברסיטת "אל-עין" (הפקולטה להנדסת חשמל), היה הנציג הראשון מאוניברסיטה ערבית שנבחר לעבור השתלמות מיוחדת בנושאי חלל בארה"ב. מדובר בהשתלמות נציגים ממדינות רבות שאורגנה על ידי NASA ובעיקר מרכז ג'ון קנדי לחקר החלל. ההשתלמות כללה נושאים תאורטיים ומעשיים ונמשכה חודשיים.

ההשתלמות שהוזכרה בנושאי חלל משתלבת בענין ההולך וגובר בנושאי חלל בארצות ערב. נושא זה התגבר עם כניסת ארצות ערב לתקשורת הלוויינים בעזרת מערכת ה-ARABSAT. מערכת זו משמשת לתקשורת בין ארצות ערב השונות והיא כוללת כיום שלושה לוויינים.

#### 4. פעילות בהנדסה אוירונוטית במוסדות אקדמיים

האוניברסיטאות בארצות ערב אמורות לספק את מירב כוח האדם האקדמאי לתעשייה והמחקר האוירונוטים. במסגרת פרק זה נסקור את הפעילות האוירונוטית הקיימת באוניברסיטאות של ארצות ערב. סקירה זו תהיה מורכבת משני חלקים: סקירת תכניות הלימודים והמתקנים, וכן סקירת העבודה המדעית של אנשי הסגל כפי שהיא משתקפת מפרסומים בספרות המקצועית.

כדאי להעיר כי החומר שנאסף עד היום על האוניברסיטאות מועט יחסית ואינו מאפשר סקירה מלאה.

##### 4.1 תכניות לימודים ומתקנים

לאור הפיתוח המואץ של השטח האוירונוטי בארצות ערב, אין זה מפליא שניתן למצוא פעילות ענפה, בתחום זה, באוניברסיטאות רבות. הדבר צפוי במיוחד לאור העובדה שבארצות ערב אוניברסיטאות רבות ובהן הרבה סטודנטים להנדסה. דוגמא להתפתחות בשטח הינה הפקולטה להנדסה אוירונוטית באוניברסיטה על שם "המלך עבדול-עזיז" אשר בריאד בערב הסעודית. בהמשך תוזכרנה עבודות מדעניות שנעשות באותה פקולטה בערב הסעודית (ובאוניברסיטה בכלל) שהן עבודות המתאימות ללא ספק לפקולטה אוירונוטית. עדיין אין בידינו חומר על תכנית הלימודים של הפקולטה עצמה.

פעילות אוירונוטית מתמשכת נעשית באוניברסיטאות מצריות שונות (ראה סקירה להלן) ובעיקר באוניברסיטת קהיר. ידוע כי באוניברסיטה זו קיימת תשתית של כמה נקבות-רוח המצביעות על פעילות אוירונוטית. כמה נקבות הרוח אף משמשות לצרכי הוראה, ונבנו לצרכים אלה על ידי צוותי האוניברסיטה.

מירב הפעילות האוירונוטית בארצות ערב נעשית בפקולטות להנדסת מכונות. הדבר אינו חריג מבחינה אקדמית. אם נקח כדוגמא את ארה"ב, הרי שחלק חשוב מהפעילות האוירונוטית האוניברסיטאית שם מתרחש בפקולטות למכונות (או פקולטות להנדסה) שבהן פעילות אוירונוטית אינטנסיבית. כדוגמא לפעילות אוירונוטית יתוארו להלן שתי אוניברסיטאות בירדן וערב-הסעודית.

אם בוחנים את הקטלוג של אוניברסיטת ירדן (מעודכן ל-1985/86) הרי שניתן לגלות בפקולטה להנדסת מכונות פעילות אוירונוטית מובהקת. בראש הפקולטה עומד פרופ' מוחמד אל-סעד (Mohammad Al-Sa'ad) שתחום עיסוקו מעבר חום וזרימה, אשר קיבל תואר דוקטור מאוניברסיטת ג'ורג'יה בארה"ב בשנת 1979. בין אנשי הסגל האחרים ניתן למצוא את ד"ר סעד אל-עבאלי (Sa'ad Al-Habbali) המתמחה בזרימה ואשר קיבל את תואר הדוקטור באוניברסיטת אאכן בגרמניה המערבית ב-1979. מעניין לציין כי בין תלמידי הדוקטור

בפקולטה נמצאים סטודנטים שקיבלו תארים קודמים באוניברסיטאות ריאה בערב הסעודית, חלואן במצרים וטריפולי (כנראה בלוב). בפקולטה להנדסת מכונות ישנם שני קורסים בורימה וכן מעבדה הצמודה לקורסים אלה. בנוסף ישנם קורסים במבנים ותנודות שנמצאים במערכת הלימוד של סטודנטים לאורונוטיקה בעולם. ברשימת הקורסים מופיעים גם קורסים (כנראה בחירה) לאירודינמיקה וטורבינות גז.

מעניינת במיוחד היא תכנית הלימודים של הפקולטה למכונות באוניברסיטת המלך סעוד שבערב הסעודית (בהמשך תוצג גם הפעילות המחקרית האורונוטית באוניברסיטה זו). בפקולטה זו מספר שרשרות של מקצועות בחירה והתמחויות. בכל קבוצה מוצאים גם מקצועות בעלי גוון אורונוטי. כך למשל במקצועות של קבוצת התכנון של מנגנונים ומערכות מכניות ישנו קורס של שלוש שעות שבועיות העוסק בתכנון ואנליזה של מבני מטוסים. בקבוצת הנדסת הסביבה ניתן קורס באנרגית השמש ואנרגית הרוח. בקבוצת הנדסת הכוח ותרמודינמיקה ניתן קורס בטורבינות גז ומנועי סילון. מטבע הדברים הקבוצה ה"אורונוטית" ביותר הינה קבוצת הנדסת הזרימה שבה נלמדים המקצועות: אירודינמיקה, הנעה וזרימה צמיגה, קורס מתקדם באירודינמיקה, אירודינמיקה של רכיבים שונים (כנפיים ועוד) וכן קורס במיכשור למדידת זרימה. הפקולטה מציעה כ-14 מסלולים של התמחות. המסלולים שייכים לשרשרות שהוזכרו. במקרה של תחום הנדסת התכנון מוצעת התמחות בהנדסת מטוסים וחלל.

#### 4.2 פרסומים מדעיים ומחקר באוניברסיטאות

בסקר הפרסומים המדעיים הושם הדגש בעיקר על פרסומים בעשר השנים האחרונות. רשימת פרסומים מופיעה בנספח א'. את הפרסומים ניתן לחלק בהתאם לארצות הפרסום או נושא העבודה. במקרה הנוכחי תהיה החלוקה לפי נושאים. יצויין כאן גם שלמרות השימוש שנעשה (בשנה האחרונה) בשיטות שונות של חיפוש מקורות, כנראה שהמקורות שאותרו הינם חלקיים בלבד ובעתיד יהיה צורך בחיפושים חוזרים כדי לנסות ולאתר חומר נוסף.

##### 4.2.1 אירודינמיקה

יותר מכל שטח אחר הרי שתחום האירודינמיקה מאפיין התמחות אורונוטית. ניתן להבחין במחקר בשטח האירודינמיקה הנערך במצרים, כאשר המחקר האינטנסיבי בשטח מתבצע, כנראה, דוקא בערב הסעודית. אפשר לזהות קבוצות חוקרים המבצעים מחקר ארוך ומעמיק יחסית בנושא מסוים. בהקשר לכך ניתן להביא למשל את מחקרים של אלבנה וסבאח (Elbanna & Sabbagh) מאוניברסיטת המלך עבדול-עזיז בריאה. חוקרים אלה עסקו בהתנהגות סילונים, נושא בעל חשיבות במטוסים הנעזרים ביצירת דחף לצרכי עליו. במחקריהם, שחם ניסויים בעיקרם, בדקו אינטראקציה בין שני סילונים באויר חופשי (1986/87) וכן אינטראקציה בין שני סילונים הפוגעים בקרקע (1989). המאמרים מצביעים על מערכת נסוי מבוססת וכושר ניסויי טוב. המאמרים

פורסמו ב-AIAA Journal שהוא עיתון מהשורה הראשונה בשטח. עבודות המחקר שעליהן דווח במאמרים נתמכו על ידי משרד הדלק ואוצרות הטבע (המאמר הראשון) וכן קרנות מחקר של האוניברסיטה (שני המאמרים האחרים). כדאי גם לציין ששני החוקרים ישבו תחילה בפקולטה להנדסת מכונות, כאשר בשנת 1988 עברו כנראה לפקולטה להנדסה תרמית (Thermal Engineering). אפשר שזו פקולטה חדשה שנפתחה באותו זמן.

כפי שצוין לעיל, באותה אוניברסיטה (המלך עבדול-עזיז) קיימת גם פקולטה לאוירונאוטיקה. אל-ריפאי (El-Refae) הינו פרופסור עוזר באותה אוניברסיטה העוסק באוירודינמיקה חישובית. הוא סיים כנראה את לימודי הדוקטורט בארה"ב (הנושא ייבדק בהמשך המחקר) ומראה בקיאות בנושא. מעניין לציין שפרסומו בשנים האחרונות (88, 87, 1986) הופיעו בעתונות מקצועית המופיעה בערב-הסעודית. המאמר מ-1986 הופיע בעתון The Arabian Journal for Science and Engineering המוצא על ידי האוניברסיטה (הסעודית) לדלק ואוצרות טבע (ראה התיחסות לאוניברסיטה זו בהמשך). שני המאמרים האחרים (88, 1987) הופיעו בעתון Journal of Engineering Science, College of Engineering, King Saud University (ראה גם התיחסות לאוניברסיטה זו בהמשך). יתכן וקיים לחץ מסוים על חברי סגל צעירים להדפיס בעתונים מקצועיים מקומיים. מבחינת הרמה נראה שלו רצה היה המחבר יכול לפרסם מאמריו בעתונות מחוץ לגבולות ערב הסעודית. גם מחקריו של אל-ריפאי מומנו כולם על ידי מקורות באוניברסיטה. כמו כן ניתן לראות שקיבל עזרה במשאבי חישוב מהשרות המטאורולוגי הסעודי, מחשב בארה"ב וכן עמד בקשר מקצועי עם פרופסורים במצרים ובארה"ב.

גם באוניברסיטת המלך סעוד קיימת פעילות בזרימה ואוירונאוטיקה. פרופסור-עוזר חמדן (Hemdan) עסק (1987) בזרימה ניוטונית במשטח הלחץ של פרופילים בזווית התקפה בינוניות וגבוהות. העבודה תאורטית ונעשה במסגרתה שימוש בקרובים שונים. העבודות פורסמו בעתונים מקצועיים (אמריקאי ובריטי) מכובדים, ונעזרו בתקציבי מחקר של האוניברסיטה. שני אנשי סגל אחרים מאותה אוניברסיטה, שאלן ושיבל (Shaan & Shibl) בשיתוף שני חוקרים מהפקולטה לאוירונאוטיקה באוניברסיטת פנסילבניה בארה"ב, פרסמו (1985) עבודה תאורטית ונסויית על התפתחות שכבת הגבול על פני פרופילים בזווית התקפה גבוהות. באותה שנה פרסמו שיבל וסאיי (פרופי חבר ופרופי עוזר) מאמר תאורטי ונסויי העוסק בזרימת גזירה טורבולנטית. המאמר הוצג בכנס בארה"ב. הפעילות באוניברסיטת המלך סעוד, שתוארה עד עתה, בוצעה בפקולטה להנדסת מכונות. גם פרופי זידן (Zedan) הינו מפקולטה זו והוא פרסם בשנת 1987 מאמר תאורטי על דרכים להקטנת התנגדותו של גוף אכסיסימטרי. המאמר פורסם בעתון המוצא על ידי אותה אוניברסיטה ואשר הוזכר כבר לעיל.



על השיטה הסעודית להאצת המחקר המתבצע באוניברסיטאות, וכנראה גם שיפור הרמה המקצועית, ניתן ללמוד מהמחקר האוירונטי שנעשה באוניברסיטת "הידלק והמינרלים" (University of Petroleum and Minerals) שבדהרן (Daharan). ברשימת המאמרים מופיעים ארבעה מאמרים שפורסמו בשנים 85-88. שלושה מאמרים פורסמו על ידי פרופסור שטאל (Stahl) מאוניברסיטת גטינגן בגרמניה שהיה פרופסור אורח. במאמר אחד תוארה נקבת מים שבה משתנה טמפרטורת המים כך שניתן יהיה לקבל דימוי למספרי ריינולדס גבוהים, לצרכי נסויים בהידרודינמיקה ואוירודינמיקה. גיבוש הרעיון שנעשה עבור האוניברסיטה בדהרן, התחיל בערב הסעודית (כנראה בעת השחיה שם) ונמשך בגרמניה. התכנון הראשוני בוצע על ידי החברה המערב-גרמנית הגדולה MBB. בנוסף לתכנון נקבת המים, בצע גם פרופסור שטאל, בשיתוף עם איש האוניברסיטה מחמוד, נסויים בזרימה על פני לוח רבועי בזוויות התקפה גבוהות. העבודה פורסמה בכנס בארה"ב ובעתונות המקצועית הגרמנית (1985).

פרופסור אורח אחר באותה אוניברסיטה היה פרופסור שטאף (Stuff), גם הוא מגרמניה. אורח זה עסק בנושא שדה הרעש של מדחף.

גיוס המדענים של אוניברסיטאות בערב-הסעודית לא הצטמצם למדינות המערב בלבד. אך טבעי היה לפנות גם למדינות ערב, ובמקרה זה כמובן למצרים. ב-1988 פורסמו הפרופסורים אל-שייך (El-Sheikh) וגד-אללה (Gad-Allah) מאמר במתמטיקה אשר יש לו גם נגיעה למשוואות כנפיים. פרופ' אל-שייך עשה את העבודה בעת שהותו בפקולטה למתמטיקה באוניברסיטת המלך עבדול-עזיז בריאד.

עבודות באוירודינמיקה וזרימה פורסמו כמובן גם במצרים. אל-טהר (Al-Taher) מאוניברסיטת זגזיג (Zagazig) במצרים פרסם ב-1985 מאמר נסויי מקיף על הזרימה סביב שני גלילים מקבילים במקרה של זרימת גזירה מציפה. העבודה עליה מדווח המאמר נעשתה כנראה כאשר עבד המחבר יחד עם פרופסור אל-ריפאי באוניברסיטת המלך עבדול-עזיז בערב הסעודית (ראה לעיל). פרופסור שריף (Sherif) מאוניברסיטת קהיר פרסם יחד עם פרופסור חאפו (Hafez) מאוניברסיטת דייז בקליפורניה מאמר באוירודינמיקה חישובית הדן בזרימה עבר-קולית תלת-ממדית. מאמר אחר הדן בבעיות זרימה המופיעות כנראה בקולטים סולריים פורסם על ידי שלושה אנשי סגל מאוניברסיטת אלכסנדריה (Sorour, Hassab & Elewa) בשנת 1985.

כסיום לסקירת עבודות בנושאי אוירודינמיקה תוזכר עבודה של ראשיד (Rasheed) וחבריו מהפקולטה להנדסת חשמל באוניברסיטת בגדד. הם הציגו פיתוח תכנית גרפית אינטראקטיבית לתיאור וניתוח הזרימה סביב פרופילים.

#### 4.2.2 הנעה סילונית

עבודת מחקר בשטח ההנעה הסילונית מתבצעת באוניברסיטאות שונות במצרים. בשנת 1989 פורסמו שתי עבודות שמקורן באוניברסיטת קהיר, המעידות על גיוון העבודה שנעשית. מנקבדי (Mankbadi) פרסם עבודה תאורטית, נומרית בחלקה הגדול, על האינטראקציה הבלתי תמידית בין הרוטור לסטטור. צוות אחר שכלל את אטיה, חביב וטאהה (Atiya, Habib & Taha) פרסם בכנס (על מעבר חום) מאמר על מחקר נסויי של הלהבה בתא השריפה של מנועי סילון. הניסוי בוצע בתא השריפה של מנוע Rolls-Royce.

ניתן לראות כי בשטח ההנעה ישנו שיתוף פעולה בין אוניברסיטת קהיר לאוניברסיטאות אחרות. בשנת 1988 פרסמו מדענים מאוניברסיטת קהיר (Mobarak, Khalafallah & Osman) יחד עם פרופסור מאוניברסיטת הלואן (Heikal) מאמר נסויי על הזרימה המשנית והערבוב לאחר הטורבינה במנוע סילון. המאמר פורסם בעתון Journal of Turbomachinery שהוא עתון יוקרתי בשטח. שיתוף פעולה אחר מוצאים במאמר של אל-סיאד (El-Sayed) מאוניברסיטת זוגיג. מדען זה כנראה שסיים את הדוקטורט באוניברסיטת קהיר ולאחר מכן נסע להשתלמות בארה"ב, משם חזר למצרים. הוא פרסם מאמר חשובי על המסלול של חלקיקים וארוזיה במנוע סילון. המאמר פורסם בשיתוף עם מדענים אמריקאיים, איתם כנראה נעשתה העבודה בעת השהות בארה"ב.

שיתוף פעולה מענין נוסף רואים במאמרו של אל-סאוף (El-Sawaf) על הזרימה מאחרי קסקדה (Cascade) של חתכי כנף. המאמר הינו תוצאה של עבודת הדוקטורט של המחבר בציכוסלובקיה. לאחר השתלמות זו הוא חזר לפקולטה להנדסה באוניברסיטת תעלת סואץ שבפורט סעיד.

#### 4.2.3 נושאים נוספים

בנוסף לפעילות המחקרית באירודינמיקה ובהנעה סילונית ישנה גם פעילות בשטר הנושאים האירודינמיים.

בשטח הבקרה תוזכר עבודתם של איברהים ועומרן (Ibrahim & Homran), הראשון מהמחלקה לחשמל בפקולטה להנדסה של אוניברסיטת קהיר והשני מאותה מחלקה באוניברסיטת צנעה שבתימן. המאמר משנת 1989 עוסק בפיתוח מודל הסתברות לתנועת שני גופים, המיושם להנחית טילים. פרופסור וגדי (Wagdi) מאוניברסיטת תעלת סואץ שבפורט סעיד פרסם בשנים 86-1985 מספר מאמרים על בקרת מערכות, ניתוח מערכות, והפעלת השיטות לבקרת טיסה. שניים מהמאמרים נכתבו בשיתוף עם מדען מהרשות הערבית לתעושה (ראה סעיף 2.2).

שטח מכניקת הטיס הינו כמובן תחום אוירונוטי מובהק. עבודה בשטח זה פורסמה על ידי מנסור ואנדריסני (Mansour & Andrisani) מהפקולטה להנדסה אוירונוטית של אוניברסיטת פרדיו (Purdue) בארה"ב. הם עסקו באופטימיזציה של תמרונים המאפיינים קרבות אויר. המחבר הראשון היה בעת עבודת המחקר פוסטדוקטורנט באוניברסיטה האמריקנית, כאשר כיום הינו איש סגל במכללה הצבאית הטכנית בקהיר.

כאשר מדובר על כלי טיס יש מקום להזכיר את עבודתו של אבולגנה (Abulgana) מהאוניברסיטה האמריקאית בקהיר אשר עסק בתכנון כלי לתנועה בדיונות. הכלי מכיל הרבה מאד אספקטים אוירונוטיים.

גם בשטח המבנים האוירונוטים מתבצע מחקר באוניברסיטאות ערביות. בהקשר לכך תוזכר עבודתו של נחאס (Nahas) מהפקולטה להנדסת מכונות באוניברסיטה על שם המלך עבדול-עזיז שבגידה בערב הסעודית. העבודה שפורסמה ב-1984 עסקה בתנודות פתול של מבנים דקי דופן. כדי לעמוד על פעילות מתקדמת במבנים נעשה חיפוש של עבודות העוסקות בחומרים מרוכבים. נמצאו מספר עבודות בעלות אוריינטציה של מבנים אורחיים, אך לא נמצאו פרסומים על מבנים מרוכבים בהיבט האוירונוטי, זאת למרות שידוע על מדענים מצריים העוסקים בנושא.

לסיום כדאי גם להזכיר את נושא החלל. אין זה מפליא שעם התפתחותה של רשת לווייני התקשורת של המערכת הערבית ARABSAT, גדל גם העניין בנושא החלל. בארצות ערב השונות נעשות עבודות שונות (ראה רשימת הפרסומים) בנושא של עיבוד אינפורמציה מהחלל ושימוש בלוויינים למשימות שונות. פחות עבודות הופיעו בנושא של הנדסת חלל. בהקשר לכך ניתן להזכיר את עבודתם של איממורה וקושאים (Imamura & Khoshaim) ממכון מחקר בריאד שבערב הסעודית. העבודה שפורסמה בשנת 1987 עוסקת בקביעת הגודל האופטימלי של מערכת תאים פוטו-וולטאים למערכת כח בלווין.

**5. סיכום**

במסגרת הדו"ח תוארה התפתחות התשתית האירונוטית בארצות ערב. ניתן לסכם ולאמר כי ההתפתחות היתה משמעותית מאד והביאה לכך שבארצות ערב ישנה כיום תשתית אירונוטית תעשייתית, מדעית, ואקדמית מרשימה ביותר.

במקביל למסקנה כללית זו, שנת המחקר הראשונה גם הובילה לשאלות ותהיות רבות. אין ספק שהאינפורמציה שנאספה הינה חלקית בלבד וקשה להשיב בצורה משביעת רצון על מירב השאלות שצפו ועלו. המשך המחקר אמור לעזור בהשגת תשובה לרבות מהשאלות. כדי לענות על שאלות אלה יהיה צורך באיסוף חומר רב נוסף. כמובן שבעזרת הידע שנצבר בשנת המחקר הראשונה ניתן יהיה ליעל את איסוף האינפורמציה ולמקד אותו בכיוונים בעלי המשמעות הרבה ביותר. את החומר שייאסף, בתוספת החומר הקיים, ניתן יהיה לנתח בצורה יסודית וכתוצאה מכך לקבל תמונה שלמה וברורה יותר על מה שנעשה בעבר ומה שעתיד לקרות בשנים הקרובות.

נספח א

# רשימת פרסומים

## **רשימת פרסומים בעלי התייחסות ישירה לנושא**

B.E. Abulnaga, (American University, Cairo),  
Design Criteria for Light High Speed Desert Air Cushion Vehicles, CACTS International Conference on Air Cushion Technology, Toronto University, Canada, Sept. 16-18, 1986, pp. 2-9.

B.E. Abulnaga, (Department of Science and Engineering, American University in Cairo, Egypt), (at CSIRO - Lucas Heights Research Laboratories, Mail Bag 7, Menai, NSW 2234, Australia),

An Introduction to the Dynamics of Air Propelled Vehicles for Sand Deserts, Aeronautical Journal, Vol. 92, No. 918, 1988, pp. 328-335.

A.M. Attya, M.A. Habib and M.R. Taha, (Cairo University, Faculty of Engineering, Mechanical Power Department),

Measurements of Spray Flame Properties in a Jet-Engine Combustor, 1989 National Heat Transfer Conference, HTD-Vol. 106, Heat Transfer Phenomena in Radiation, Combustion and Fires, ASME, Philadelphia, PA, USA, August 6-9, 1989, pp. 561-568.

S.S. Ayad, Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering at Shoubra, Banha University, Cairo, Egypt and R.R. Mankbadi, Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Cairo University, Giza, Egypt,  
A Study of Wake- General Unsteadiness in a Channel Flow, Part I: Mean Flow, ASME Fluids Engineering Division Publications, (FED) Vol. 52, Proceedings of the Forum on Unsteady Flow Separation, 1987, pp. 231-239.

H. Elbanna and J.A. Sabbagh, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia,  
Interaction of Two Nonequal Jets, AIAA Journal, Vol. 24, No. 4, 1986, pp. 686-687.

H. Elbanna, Assistant Professor, Department of Thermal Engineering, and J.A. Sabbagh, Professor, Department of Thermal Engineering, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia,  
Flow Visualization and Measurements in a Two-Dimensional Two-Impinging-Jet Flow, AIAA Journal, Vol. 27, No. 4, 1989, pp. 420-426.

Shawki, M. Elbighidy, Mechanical Engineering Department, Zagazig University, Zagazig, Egypt, and Kadry A. Albidwaihy, Electrical Engineering Department, Cairo University, Cairo, Egypt.

Theoretical Reduction of Rate of Deposition of Suspensions in Turbulent Flow over a Tilted Flat Plate by Applying an External Electric Field, Particulate and Multiphase Processes, Vol. 3, Colloidal and Interfacial Phenomena, Miami Beach, FL, USA, Apr. 22-26, 1987, pp. 353-369.

M.M. El-Refae, Assistant Professor, Aeronautical Engineering Department, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia,

Comparison between the Intergo-differential Technique and the Finite-Difference Method in Solving Unsteady Compressible Viscous Flow Over Airfoils, The Arabian Journal for Science and Engineering, Volume 11, No. 3, 1986, pp. 285-295.

- M.M. El-Refaee, Assistant Professor, Aeronautical Engineering Department, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia,  
Stalling Characteristics of Aerofoils in Shear Flows - A Numerical Study, J. Eng. Sci. King Saud Univ. Vol. 13, No. 2, 1987, pp. 255-273.
- M.M. El-Refaee, Assistant Professor, Aeronautical Engineering Department, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia,  
Wake-Integral Procedures for Determining the Drag Components in Three-Dimensional Flows, J. Eng. Sci. King Saud Univ. Vol. 14, No. 1, 1988, pp. 143-165.
- I.A. El-Sawaf, Port-Said Faculty of Engineering, Suez-Canal University, Egypt,  
Wake Interaction in the Flow Field Behind Cascade of Airfoils, Proceedings of the 20th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, Energy for the 21st Century, Miami Beach, FL, USA, 1985 pp. 267-273.
- A.F. El-Sayed (Abdel Azim), Mechanical Engineering Department, Zagazig University, Zagazig, Egypt, R. Lasser, AT&T Information Systems, Holmdel, NJ 07733, USA, and W.T. Rouleau, Mechanical Engineering Department, Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, PA 15213, USA  
Effects of Secondary Flow on Particle Motion and Erosion in a Stationary Cascade, International Journal of Heat and Fluid Flow, Vol. 7, No. 2, 1986, pp. 146-154.
- M.G. El-Sheikh, Department of Mathematics, Faculty of Science, King Abdel-Aziz University, Jeddah, Saudi Arabia, on leave from the Department of Mathematics, Faculty of Science, Ain Shams University, Cairo, Egypt and H.E. Gad-Allah, Department of Mathematics, Faculty of Education, Ain Shams University, Cairo, Egypt,  
On the Reduction of Dirichlet-Newton Problems to Wing Equations, Q.J. Mech. Appl. Math. Vol. 41, Pt. 4, 1988, pp. 535-545.
- R.M. El-Taher, College of Engineering, Zagazig University, Zagazig, Egypt,  
Flow around Two Parallel Circular Cylinders in a Linear Shear flow, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol. 21, 1985, pp. 251-272.
- Hamdi T. Hemdan, Assistant Professor, Department of Mathematics, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia,  
Newtonian Theory for the Compression Surface of Airfoils at Moderate or Large Incidence  
AIAA Journal, Vol. 25, No. 10, October 1987, pp. 1281-1285.
- Hamdi T. Hemdan, Assistant Professor, Department of Mathematics, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia,  
A First Order Theory for Newtonian Flow over Two-Dimensional Airfoils, Aeronautical Journal, Vol. 91, No. 910, 1987, pp. 471-478.
- Hamdi T. Hemdan, Assistant Professor, Department of Mathematics, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia,  
Steady Newtonian Flow over Two-Dimensional Airfoils, Transactions of the Japan Society of Aeronautical and Space Sciences, Vol. 31, No. 91, 1988, pp. 18-28.

O. Abdul-Haggag Ibrahim, Department of Electrical Power, Faculty of Engineering, Cairo University, Cairo, Egypt, and A.M. Homran, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Sanaa University, Sanaa, Yemen,  
A Probabilistic Model for Two Body Motion with Application to Missile Guidance, Modelling, Simulation and Control, B. AMSE Press, Vol. 25, No. 2, 1989, pp. 45-55.

M.S. Imamura and B.H. Khoshaim, Midwest Research Institute/SOLERAS, Riyadh, Saudi Arabia,  
A New Approach to Optimum Sizing and In-Orbit Utilization of Spacecraft Photovoltaic Power Systems, Space Power, Vol. 6, 1986, pp. 287-298.

M.S. Imamura and B.H. Khoshaim, Midwest Research Institute/SOLERAS, Riyadh, Saudi Arabia,  
A New Approach to Optimum Sizing and In-Orbit Utilization of Spacecraft Photovoltaic Power Systems, Acta Astronautica, Vol. 15, No. 12, 1987, pp. 1019-1028.

Paper presented at the 36th Congress of the International Astronautical Federation, Stockholm, Sweden, 7-12 October, 1985.

R.R. Mankbadi, Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Cairo University, Giza, Egypt, and S.S. Ayad, Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering at Shoubra, Banha University, Cairo, Egypt,  
A Study of Wake Generated Unsteadiness in a Channel Flow, Part II: Turbulence and Wall Shear Stress, ASME Fluids Engineering Division Publications (FED), Vol. 52, Proceedings of the Forum on Unsteady Flow Separation, 1987, pp. 241-249.

R.R. Mankbadi, Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Cairo University, Giza, Egypt,  
A Study of Unsteady Rotor-Stator Interactions, Transactions of ASME, J. of Turbomachinery, Vol. 111, No. 4, 1989, pp. 394-400.

I. Mansour, Military Technical College, Cairo Egypt, and D. Andrisani, II, Purdue University, West Lafayette, IN  
Maximum Final Energy Chandelle, AIAA-85-0200, AIAA 23rd Aerospace Sciences Meeting, January 14-17, Reno, Nevada, 1985, 6pp.

A. Mobarak, Professor, M.G. Khalafallah, Professor, A.M. Osman, Research Assistant, Cairo University, Cairo, Egypt, and H.A. Heikal, Professor, Helwan University, Cairo, Egypt,  
Experimental Investigation of Secondary Flow and Mixing Downstream of Straight Turbine Cascades, Journal of Turbomachinery, ASME Transactions, Vol. 110, No. 4, 1988, pp. 497-503.

M.N. Nahas, Mechanical Engineering Department, King Abdul Aziz University, Jeddah 21413, Saudi Arabia,  
Modal Analysis of a Thin-Walled Beam under Torsional Vibration, Thin-Walled Structures, Vol. 7, 1989, pp. 187-196.



- M.H. Nosseir, N.L. Doss and S.Y. Toufik, Laboratory of Polymer and Pigment, National Research Center, Dokki, Cairo, Egypt,  
Preparation and Testing of Local Polyester Composites Based on Unsaturated Polyesters as Binder, *Journal of Elastomers and Plastics*, Vol. 17, July 1985, pp. 183-188.
- S.M. Rasheed, B.H. Al-Hashemy and A.I. Sheikh Ahmad, Electrical Engineering Department, Engineering College, Baghdad University, Iraq,  
Synthesis and Analysis of Flow about Airfoils with Interactive Graphics, *Comput. & Graphics*, Vol. 12, No. 1, 1988, pp. 99-110.
- M.R.A. Shaalan, College of Engineering, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia, J.M. Galmes, B. Lakshminarayana, Department of Aerospace Engineering, The Pennsylvania State University, University Park, PA 16802, U.S.A. and A.M. Shibl, College of Engineering, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia,  
Mean Velocity and Turbulence Structure in the Boundary Layer of an Aerofoil Near Stall Conditions, *J. Eng. Sci. King Saud Univ.* Vol. 11, No. 1, 1985, pp. 91-111.
- A. Sherif, Cairo University, Cairo, Egypt and M. Hafez, University of California, Davis, CA 95616, USA,  
Computation of Three-Dimensional Transonic Flows Using Two Stream Functions,  
*International Journal for Numerical Methods in Fluids*, Vol. 8, 1988, pp. 17-29.
- A. Shibl and A. Seif, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia,  
Influence of Imposed Vortex on the Development of Turbulent Free Shear Flow, AIAA-85-1585, AIAA 18th Fluid Dynamics and Plasmadynamics and Lasers Conference, July 16-18, Cincinnati, OH, 1985, 6pp.
- M.M. Sorour, M.A. Hassab and F.A. Elewa, Department of Mechanical Engineering, University of Alexandria, Egypt,  
The Effect of Suction on the Stability of Fluid between Horizontal Plates at Differing Temperatures, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Mechanical Engineering, Science*, Vol. 199, No. 2, 1985, pp. 145-151.
- W.H. Stahl, Univ. of Petroleum and Minerals, Dhahran, Saudi Arabia,  
Variable-Temperature Water Tunnel for High Reynolds Numbers, AIAA-85-0051, AIAA 23rd Aerospace Sciences Meeting, Reno, Nevada, January 14-17, 1985, 7pp.
- Wolfgang H. Stahl and Muzafferuddin Mahmood, Department of Mechanical Engineering, Univ. of Petroleum and Minerals, Dhahran, Saudi Arabia,  
Some Aspects of the Flow Past a Square Flat Plate at High Angle of Attack, *Developments in Mechanics, Proceedings of the 19th Midwestern Mechanics Conference, Columbus, OH* Vol. 13, 1985, pp. 481-482.
- Wolfgang H. Stahl and Muzafferuddin Mahmood, Department of Mechanical Engineering, Univ. of Petroleum and Minerals, Dhahran, Saudi Arabia,  
Some Aspects of the Flow Past a Square Flat Plate at High Incidence, *Z. Flugwiss, Weltraumforsch.* Vol. 9, No. 3, 1985, pp. 134-142.

R. Stuff, Univ. of Petroleum and Minerals, Dhahran, Saudi Arabia, Visiting Professor, Department of Mechanical Engineering,  
Noise Field of a Propeller with Angular Inflow, AIAA Journal, Vol. 26, No. 7, July 1988, pp. 777-782.

M.N. Wagdi, Suez Canal Univ. Port Said, Egypt,  
A Generalized Stability Criterion for Nonlinear Dynamic Systems, AIAA-85-0202, AIAA 23rd Aerospace Sciences Meeting, Reno, Nevada, January 14-17, 1985, 5pp.

M.N. Wagdi, Professor, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Suez Canal Univ. Port Said, Egypt, and Amr. A. Abdel Kader, Systems Engineer, Research and Development Department, Arab Organization for Industrialization, Cairo, Egypt.

A Stochastic Decentralized Flight Control System, Collection of Technical Papers, AIAA Guidance, Control and Navigation Conference, Williamsburg, VA, USA, Aug. 1986, AIAA CP861, 1986, pp. 130-137.

M.N. Wagdi, Suez Canal Univ. Port Fouad, Egypt, and A.A. Abdel Kader, Arab Organization for Industrialization, Cairo, Egypt,  
Control Methodology for Stochastic System Characteristic Modulation, AIAA-86-0335,  
AIAA 24th Aerospace Sciences Meeting, Reno, Nevada, January 6-9, 1986, 9pp.

M.F. Zedan, Mechanical Engineering Department, College of Engineering, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia, Recent Advances in Axisymmetric Body Drag Reduction with Emphasis on Inverse Design Techniques, J. Eng. Sci. King Saud Univ. Vol.13, No. 1, 1987, pp. 1-23.

M.F. Zedan and K. Abu-Abdou, Associate Professors, Mechanical Engineering Department, College of Engineering, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia, Improved Thin-Airfoil Theory, J. Aircraft, Vol. 25, No. 12, 1988, pp. 1122-1128.

## פרסומים נוספים

Adel A. Ali, and Abdulaziz, S. Al-Ruwais, Elect.Engrg. Dept. King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia,  
A Comparison of Digital Modulations for Mobile Satellite Channels, Space Communication and Broadcasting, Vol. 6, 1989, pp. 387-395.

O. Abdel Alim, M.A. Mokhtar and M.A. Ezzl-El-Arab, Faculty of Engineering, Alexandria University, Egypt,  
Speech Enhancement in the Communication between Vehicles, 39th IEEE Vehicular Technology Conference, Gateway to New Concepts in Vehicular Technology, San Francisco, Ca. USA May 1-3, 1989, Vol. II, pp. 897-901.

- M.A. Alwashe, Faculty of Earth Sciences, King Abdul Aziz University, Jeddah, Saudi Arabia, S. Jutz, AGF-Working Group Remote Sensing, Inst. for General and Applied Geology, Univ. Munich, Munchen, F.R.G. and J. Zilger, German Aerospace Research Establishment (DFVLR), Porz, F.R.G.  
Integration of Spot and Landsat Thematic Mapper Data for Land-Use and Urban Mapping of At-Taif, Saudi Arabia, Proceedings of IGARSS '88 Symposium, Edinburgh, Scotland, 13-16 Sept. 1988, Ref. ESA SP-284, (IEEE 88CH2497-6), pp. 629.
- Hany M. Assal and Samir F. Mahmoud, Electronic Engineering Department, Cairo University, Giza, Egypt,  
A New Inversion Technique for Apparent Resistivity Measurements, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. GE25, No. 1, 1987, pp. 7-10.
- M. El-Arabaty, Military Technical College, Egypt,  
Mathematical Modelling for Large System with Application to Service Systems, WA4-12:30, Proceedings of 24th Conference on Decision and Control, Ft. Lauderdale, FL, Dec. 1985, pp. 110-111.
- M. Halilsoy, Nuclear Engineering Department, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia  
Reduction of Certain Classes of Partial Differential Equations, Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol. 3, 1986, pp. 125-135.
- S. F. Mahmoud, University of Cairo, Egypt, and H. Abdel-Halim, Egyptian Radio and Television Union, Egypt,  
Design Options of a Direct Broadcasting Satellite Antenna Covering Egypt, Fifth International Conference on Antennas and Propagation (I CAP.) 198, York, England, March 30-Apr. 2, 1987, IEE Conference Publications, No. 274, Vol. 1, 1987, pp. 323-327.
- S.M. Morcos, A. Mobarak, M. Hilal, M.R. Mohareb, Mechanical Engineering Department, Cairo University, Cairo, Egypt,  
Boiling Heat Transfer in Horizontal and Inclined Rectangular Channels, ASME Journal of Heat Transfer, Vol. 109, May 1987, pp. 503-508.
- Mohammad K. Samarkandy, Faculty of Engineering, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia,  
Communication Satellite System for the Arab State Countries "ARABSAT", IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Wakefield, MA USA, Aug. 20-22, 1985, pp. 206-211.
- Mohammad K. Samarkandy, Saad H. Bakry, Naim B. Zawari, and Ali A. Nasser, Faculty of Engineering, King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia,  
Look Angle Contours of Small Transportable Satellite Earth Stations for Arab Gulf Countries, 39th IEEE Vehicular Technology Conference, Pub. by IEEE, San Francisco, Ca. USA, May 1-3, 1989, Vol. II, pp. 547-549.
- Z.F. Savaya, A.A. Mohammed and K. Abbas, Council of Scientific Research, Petroleum Research Centre, Jadiriya-Baghdad, Iraq,  
The Effect of Sulphur Compounds on Deposit Formation in Hydrotreated Kerosene, Fuel, Vol. 67, 1988, pp. 673-677.

W.R. Scott, College of Medicine and Allied Sciences, King Abdulaziz University, King Fahd Medical Research Center, Jeddah, Saudi Arabia, and D.B. Taulbee, Department of Mechanical and Aerospace Engineering, State University at Buffalo, Amherst, NY, USA,

Aerosol Deposition along the Vertical Axis of the Lung, *J. Aerosol Sci.*, Vol. 16, No. 4, 1985, pp. 323-333.