



**המחלקה להוראת המדעים
מכון ויצמן במדע**

**השוואת כלי ויזואליזציה להוראת יחידת הלימוד
"מודלים חישוביים"**

מחבר: שמואל שוורץ

ייעוץ מדעי: פרופ' מרדכי בן-ארי

אוגוסט 2006

יחידת הלימוד "מודלים חישוביים" עוסקת באוטומט סופי, אוטומט מחסנית, שפות פורמליות ומכונת טיורינג. בהשוואה זו נעסוק ביכולות הכלי הממוחשב לתמוך בהוראה ולימוד עצמי של נושא האוטומטים. כלי מסוג זה יתמוך בשתי היחידות. היוזואליזציה בנהוגה כיום בהוראת נושא האוטומטים היא תרשים מצבים המציג את המצבים כעיגולים ממוספרים ואת המעברים ביניהם כחיצים בעלי תוויות. במהלך הלימוד מתבצע מגוון של פעילויות לימודיות, אותן ניתן לסווג לארבעה סוגים:

- בניה של אוטומט, קרי מעבר מייצוג של אוטומט באופן מילולי/מתמטי לייצוג גרפי כתרשים מצבים.
- בדיקה האם מילה עוברת במסלול חישוב מקבל או לא מקבל.
- אפיון מילולי של אוטומט נתון.
- המרה של אוטומט באוטומט אחר השקול לו.

תרשים המצבים המתאר אוטומט מהווה כלי ויזואלי לניתוח תכונות האוטומט, כדוגמת בדיקת שייכותן של מילים לשפה. מחקרים (Ben-Bassat Levy et al., 2003¹) הראו שכלים ויזואליים נבחרים לא רק במה שהם מראים אלא בעיקר בפעילות שניתן לבצע בעזרתם. פעילות התלמיד בעזרת הכלי היא זאת שמאפשרת לתלמיד ליצור את המודל המנטלי העוזר לו להבין את המושג הנלמד. התרומה הנוספת של הייצוג היוזואלי של האוטומט היא יכולתו לשמש כאמצעי תקשורת בין מורים ותלמידים ובאמצעותו ניתן להסביר רעיון ואת הדרך לקבלת התוצאה וכל זאת בצורה ויזואלית.

התרשים המשורטט על נייר כוחו רב אולם קיימים כלים המבצעים זאת באופן ממחושב ולכלים אלו מספר יתרונות:

- גמישות בשינויי תוכן וארגון מחדש של מבנה התרשים.
- אפשרות שמירה של תכני ביניים המאפשרים מעקב אחר דרך העבודה ובהתאם אחר צורת החשיבה.
- אפשרות שמירה של התוצרים לצרכי תיעוד, תקשורת ובדיקה.

במסגרת פרויקט זה נבחנו שני כלים שפותחו לצורך שיפור ההוראה והלמידה באמצעות ויזואליזציה של אוטומטים. הכלים ניתנים בחינם, הם אינטראקטיביים, אינם מחייבים ידע בתכנות, וניתנים להרצה על כל מערכת הפעלה. הכלים הם:

JFLAP, שפותח על ידי פרופ' Susan Rodger מאוניברסיטת Duke.

(פרטים בכתובת www.jflap.org)

WebWorks, שפותח על ידי פרופ' Rockford Ross מאוניברסיטת Montana State.

(פרטים בכתובת <http://www.cs.montana.edu/webworks/webworks-home/homepage.html>)

¹ Ben-Bassat Levy, R., Ben-Ari, M., & Uronen, P. A.: The Jeliot 2000 program animation system. Computers & Education 40(1), (2003) 15-21.

הוגדרו מספר קריטריונים להשוואה בין הכלים ולבדיקת מידת ההתאמה של כל אחד לתוכנית הלימודים. לקריטריונים ניתן משקל וכל אחד מהם חולק למספר פרמטרים שכל אחד קיבל משקל. טווח הציונים לכל פרמטר נע בין 1 ל-5 כאשר 5 הוא הציון המיטבי.

פרוט הקריטריונים והחלוקה הפנימית לפרמטרים

- **תפעול (20%)** – חלוקה פנימית לפרמטרים:
 - קלות ההתקנה על המחשב (20%)
 - למידה ראשונית ואינטואיטיביות השימוש (40%)
 - הקלות ביצירת אוטומט (40%)

- **ויזואליזציה (30%)** – חלוקה פנימית לפרמטרים:
 - ייצוג ויזואלי של אוטומט (15%)
 - ייצוג ה"זרימה" של אוטומט למילת קלט (35%)
 - קישור ברור בין המצב באוטומט לאות במילה הנבדקת (20%)
 - יכולות ויזואליות נלוות (30%)

- **התאמה פדגוגית (50%)** – חלוקה פנימית לפרמטרים:
 - סוגי אוטומטים ומעברים אפשריים (25%)
 - היכולת לשמור את התוצרים (20%)
 - התאמה לסגנונות למידה שונים (30%)
 - התאמה לפעילויות לימודיות שונות (25%)

טבלת ההשוואה

תפעול

פרמטר	הכלי	תיאור	ציון
קלות ההתקנה על המחשב 20%	JFLAP	התקנה פשוטה וקלה. דורש התקנת סביבת ג'ווה בלבד ופועל מידית כיישום עצמאי. יתכנו בעיות בעבודה לרשת.	4
	WW	התקנה פשוטה וקלה. דורש וידוא קיום של תוסף ג'ווה לדפדפן בלבד ופועל מידית בדפדפן.	5
למידה ראשונית ואינטואיטיביות השימוש 40%	JFLAP	קל ללמוד להפעיל את הכלי. יש צורך במעבר בין כלי עריכה שונים אולם מתרגלים לכך במהרה. נדרשות מספר דקות כדי להבין כיצד להפעיל את כל האפשרויות וזאת בצורה קלה למדי. בהמשך הלמידה וההפעלה אינטואיטיביות. מאגר האנימציות מאוחסן כקבצים רגילים במחשב וקל לתפעול. נמצא קושי מסוים ביצירת מעבר המיצג קבוצת אותיות גדולה.	4
	WW	קל ללמוד להפעיל את הכלי. שימוש בלחצן הימני בעכבר נראה תחילה מסורבל אבל מתרגלים אליו במהרה. קל להפעיל מאגר אנימציות, המאגר הוא מקומי על הרשת.	5
הקלות ביצירת אוטומט 40%	JFLAP	קל ליצור מצבים ומעברים, יש במקרים מסוימים צורך לדייק במיקום העכבר. ניתן לשמור את התוצרים ולכן בפעם הבאה אין צורך לבנות אותם שוב. נוצר מאגר מוכן של אוטומטים להדגמה ולתרגול אשר גדל ומתעדכן כל הזמן שכן המורים והתלמידים יכולים לבנות/לשמור אוטומט באופן עצמאי להדגמה ולתרגול.	4
	WW	קל ליצור מצבים ומעברים אולם הכלי סגור למחצה שכן לא ניתן לשמור את התכנים מעבר לשימוש הנוכחי.	3

ויזואליזציה

פרמטר	הכלי	תיאור	ציון
ייצוג ויזואלי של אוטומט 15%	JFLAP	מצב באוטומט מאופיין כמצב התחלתי, מצב מקבל ומצב שאינו מקבל. לכל מצב ניתן להוסיף תווית המתארת אותו או את הנתבי שהוביל אליו. הויזואליזציה דומה למבנה האוטומט כפי שנלמד בכיתה. תוצאות ההרצה מוצגות בצורות שונות.	5
	WW	מצב באוטומט מאופיין כמצב התחלתי, מצב מקבל ומצב שאינו מקבל. הויזואליזציה דומה למבנה האוטומט כפי שנלמד בכיתה.	5
ייצוג ה"זרימה" של אוטומט למילת קלט 35%	JFLAP	מספר ייצוגים במקביל, סימון על האוטומט, סימון על המחרוזת, הצגת המצב, טבלת מעברים. אפשרות שליטה במהלך ההרצה. אפשרות הצגת מספר הרצות במקביל. הצגת סיכום ההרצה במספר פורמטים. ניתן לצפות בביצוע האנימציה צעד צעד או ברצף.	5
	WW	מספר ייצוגים במקביל, סימון על האוטומט, סימון על המחרוזת. הצגת סיכום ההרצה על המסך. ניתן לצפות בביצוע האנימציה צעד צעד או ברצף.	3
קישור ברור בין המצב באוטומט לאות במילה הנבדקת 20%	JFLAP	קישור ברור על ידי הדגשת האות במילה והמצב באוטומט.	5
	WW	קישור ברור על ידי הדגשת האות במילה והמצב באוטומט.	5
יכולות ויזואליות נלות 30%	JFLAP	אפשרות עריכה מגוונות, תוך אפשרות שמירה בכל שלב. אפשרויות תצוגת תוצרים בצורות שונות. אפשרויות ייצוא כגון העתקה, שמירה והדפסה. פעולות העשרה חשובות כמו היכולת לבדוק שקילות של שני אוטומטים המאפשרת למורה לדון בכך עם התלמידים. או היכולת לבצע מינימיזציה של האוטומט כדי לבקר דרכי חשיבה ועוד.	5
	WW	אפשרויות עריכה מוגבלות. תצוגה קבועה, התוצאה היא חלק ממסך האוטומט. ייצוא על ידי העתקת מסך בלבד. מוגבל ליצירת והרצת אוטומט בלבד.	2

התאמה פדגוגית

פרמטר	שם הכלי	תיאור	ציון
סוגי אוטומטים ומעברים אפשריים 25%	JFLAP	יכולות התצוגה המגוונות ואפשרות העריכה מסייעות בלימוד של אוטומטים נתונים. תומך באוטומט סופי, אוטומט מחסנית, אוטומט דטרמיניסטי ומכונת טיורינג.	5
	WW	יכולות התצוגה מסייעות בלימוד אוטומטים אך מוגבלות באפשרות העריכה לצורך הבנה. תומך רק באוטומט סופי ואוטומט דטרמיניסטי.	3
היכולת לשמור את התוצרים ולהכין תכנים מראש 20%	JFLAP	יכולת מלאה לשמור את התוצרים כקבצים ומכאן שהכלי מאוד מתאים למורה המכין שיעור. מאוד מתאים לתלמיד שכן שמירה ועריכה מאפשרות רפלקציה. בחלק מגרסאות המחשבים התגלה קושי בפעולה מסוימת אשר ניתן לפתרון אך מסרבל את שינוי התכנים תוך כדי תצוגה.	4
	WW	לא ניתן לשמור את האוטומט. ומכאן שהיכולת להכין תכנים מראש ולשמור מוגבלת במידה הפוגעת ביכולת ההוראה בכלי.	2
התאמה לסגנונות למידה שונים 30%	JFLAP	הקלות בבניית אוטומט מאפשרת גם ללומד האקטיבי וגם ללומד הרפלקטיבי להיעזר בכלי. היכולת לשמור אוטומטים כקובץ פעיל מאפשרת העצמה של שני סגנונות הלמידה. היכולת של המורה להכין, לשמור ולהציג אוטומטים דומים הנבדלים בתכונות בודדות זה מזה בשילוב עם יכולות התצוגה המגוונות, מאפשר ביצוע פעולות הדומות ללמידת חקר.	5
	WW	הקלות בבניית אוטומט מאפשרת גם ללומד האקטיבי וגם ללומד הרפלקטיבי להיעזר בכלי. חוסר היכולת לשמור אוטומטים כקובץ פעיל יהווה בעיה לשני סגנונות הלמידה. חוסר היכולת לשמור את האוטומט כקובץ וכן אחידות התצוגה מגבילים את האפשרות ללמידת חקר.	3

5	<p>הכלי מתאים להצגה על הלוח בכיתה בעזרת מקרן. ניתן לבצע בו שינויי עריכה תוך כדי תצוגה בקלות לשמור גרסאות ביניים וכן לחזור לגרסאות שמורות.</p> <p>מאפשר הצגה בכיתה של קשרים בין מושגים במדעי המחשב לבין הייצוג כאוטומט.</p> <p>היכולת לבדוק קלטים במקביל מאפשרת לתלמידים לעבוד בקבוצות כדי להוכיח ולהפריך טענות.</p> <p>היכולות הנלוות מאפשרות לבצע מגוון פעילויות העשרה כמו השוואה בין אוטומט דטרמיניסטי ללא דטרמיניסטי, הצגת ביטוי רגולרי המתאים לאוטומט, בדיקה אם האוטומט הוא מינימלי, האם שני אוטומטים שקולים וכדומה. יכולות אלו מתורגמות לפעילויות בכיתה כמו השוואת תשובות של תלמידים, הצגת פתרונות שונים לאותה השאלה ודיון בנכונותם/יעילותם, הצגת סגנונות חשיבה שונים ועוד.</p>	JFLAP	פעילויות לימודיות שונות 25%
2	<p>הכלי מתאים להצגה על הלוח בכיתה בעזרת מקרן. ניתן לבצע בו שינויי עריכה תוך כדי תצוגה בקלות אולם יש בעיה לחזור לגרסאות שמורות או לשמור גרסאות ביניים.</p> <p>מאפשר הצגה בכיתה של קשרים בין מושגים במדעי המחשב לבין הייצוג כאוטומט.</p> <p>מגבלה משמעותית בפעילויות האפשריות שכן ניתן רק לבדוק מחרוזת קלט ולבנות אוטומט שעליו מריצים בכל פעם קלט בודד. ניתן כמובן להפעיל מספר דפדפנים במקביל אולם התקשורת אינה אינטואיטיבית בצורה כזו ואין כאן תצוגה מקבילה של התוצאות.</p> <p>חוסר ביכולות נלוות מגביל את היכולת לגוון בפעילויות הוראה.</p>	WW	

מסקנה

הטבלה שלהלן מציגה ציון סופי משוקלל לשני הכלים שנבדקו:

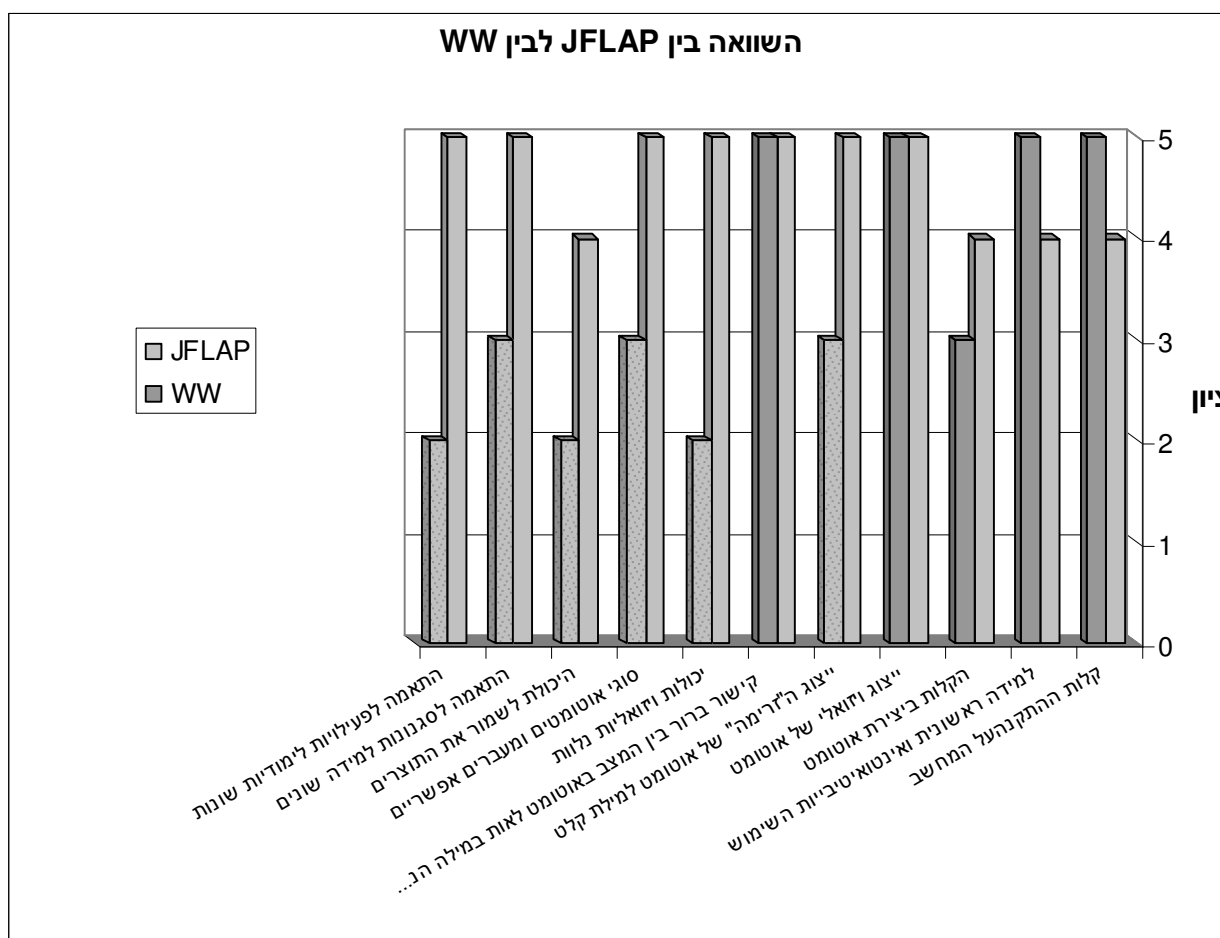
JFLAP	WW	משקל	
4	4.2	0.2	תפעול
5	3.4	0.3	ויזואליזציה
4.8	2.6	0.5	התאמה פדגוגית
4.7	3.14		ציון סופי:

ניתן לראות שהן ברמת הויזואליזציה והן בתרומה לפדגוגיה ישנו יתרון ברור ל JFLAP.

סיכום

JFLAP נבחרה על ידנו כתוכנה המועדפת להוראת יחידת הלימוד מודלים חישוביים. בנוסף לפירוט המילולי שהוצג מצאנו לנכון להוסיף תיאור גרפי כדי לקבל ראייה כוללת של הפרמטרים ולבדוק היכן מרוכז כוחה של התוכנה.

בגרף מודגשות במרקם שונה המקרים בהן ציון ה WW היה קטן מזה של JFLAP בשתי יחידת ציון ומעלה.



בגרף אפשר לראות שההבדלים הם בעיקר בחלק הויזואליזציה והפדגוגיה.

מההשוואה בגרף ובטבלה עולה בבירור ש- JFLAP הוא הכלי המתאים יותר לשילוב בהוראת יחידת הלימוד מודלים חישוביים. הכלי קל להפעלה ולשימוש, איכות האנימציה גבוהה, ותרומתו להוראה ולמידה גדולה.