

חשיבה רדוקטיבית במדעי המחשב

פרופ' ח' אורית חזן

המחלקה להוראת הטכנולוגיה
והמדעים
הטכניון

ד"ר מיכל ארמוני

החשיבה למדעי המחשב
האוניברסיטה הפתוחה

רדוקציה

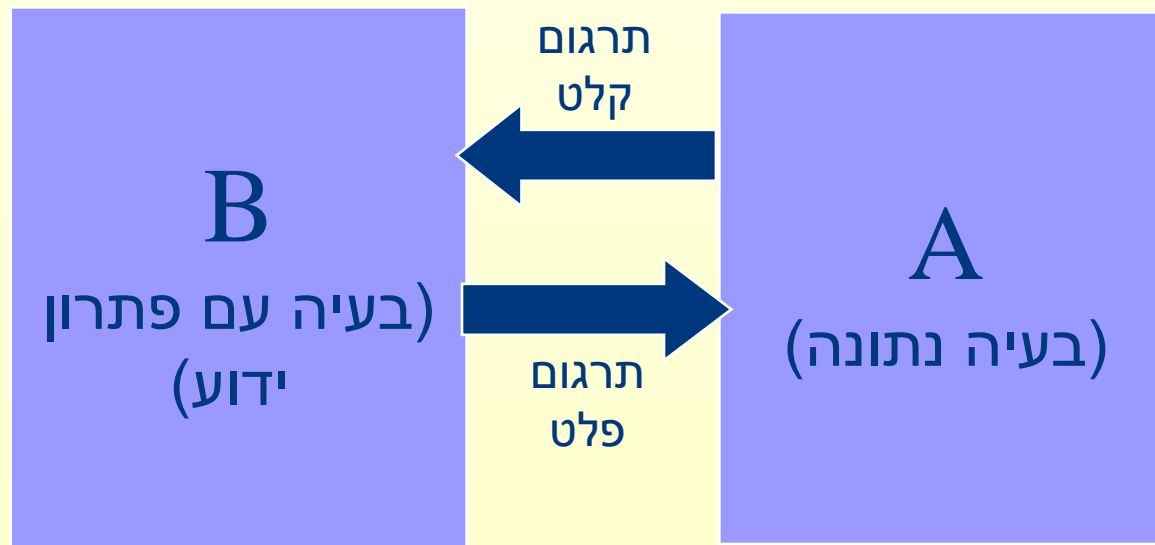
פתרון של בעיה, על-ידי תרגומה לבעיות
(אולי אחת) שפתרוןן כבר ידוע, או שהן
קלות יותר לפתרון

רדוקציה במדעי המחשב

- תורת החישוביות (הוכחות אי-כריעות)
- תורת הסיבוכיות (רדוקציה פולינומיאלית)
- אלגוריתמיקה
- הנדסת תוכנה (מודולריזציה, הכמסה, יחידות ספריה)
- מודלים חישוביים

יתרונות הרדוקציה

- פתרונות נקיים, קלים יותר להוכחה



מאפייני הרדוקציה

- זיהוי קשר בין בעיות (דומה לפתרון ע"י אנלוגיה)
- קופסה שחורה



הפשטה (אבסטרקציה)

רדוקציה בתוכנית הלימודים התיכונית במדעי המחשב

- יסודות 1+2, יחידה שלישית: מודולריות
- עיצוב תוכנה: מודולריות, הכמסה, יחידות ספריה
- יחידה חמישית: מודולריות
- מודלים חישוביים: הוכחות רגולריות או הוכחות חופשיות-הקשר (קיומיות או קונסטרקטיביות)

חסרה התייחסות מפורשת לרדוקציה,
מאפיינים של פתרונות רדוקטיביים
ויתרונותיהם

חשיבה רדוקטיבית אצל תלמידי תיכון הלומדים את היחידה "מודלים חישוביים"

Armoni, M., Gal-Ezer, J. and Tirosh, D.
(2005). Solving Problems Reductively.
*Journal of Educational Computing
Research* 32(2), pp. 113-129.

- אוכלוסייה – כ-400 תלמידים
- כלי מחקר – תשובות מלאות לשאלות בבחינות במהלך השנה ובחינות מסכמות
- שיטה – ניתוח השאלות ע"פ שיטת הפתרון (ישירה או רדוקטיבית) ומאפייני הפתרון (רמת החשיבה הרדוקטיבית)

דוגמה

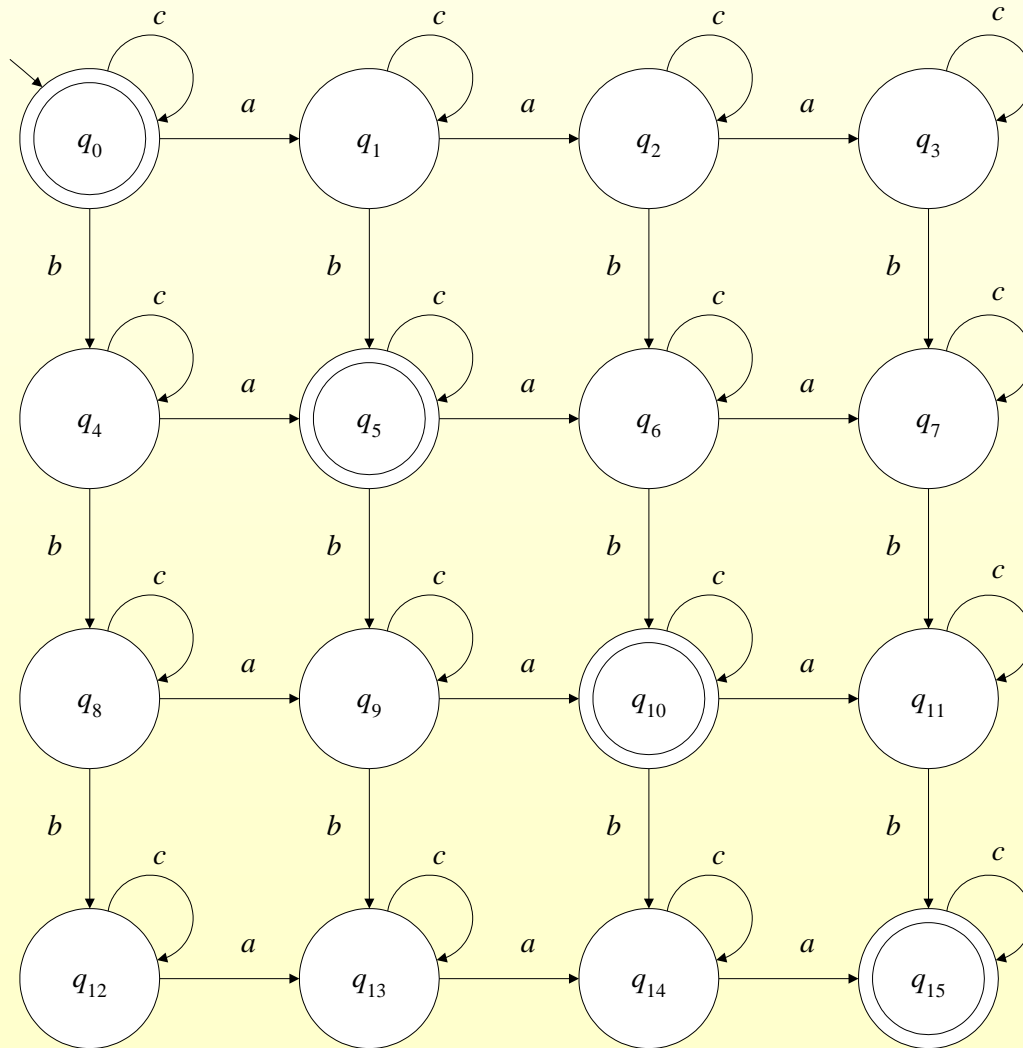
L היא שפת כל המילים מעל הא"ב {a, b, c} שמקיימות את שני התנאים הבאים:

1. מספר האותיות a במילה שווה למספר האותיות b במילה

2. סכום מספר האותיות a ומספר האותיות b אינו עולה על 6

$$L = \{w \mid (\#_a(w) = \#_b(w)) \text{ and } (\#_a(w) + \#_b(w) \leq 6)\}$$

פתרון ישיר



פתרון רדוקטיבי ראשון

$$L_0 = \{w \mid \#_a(w) = \#_b(w) = 0\}$$

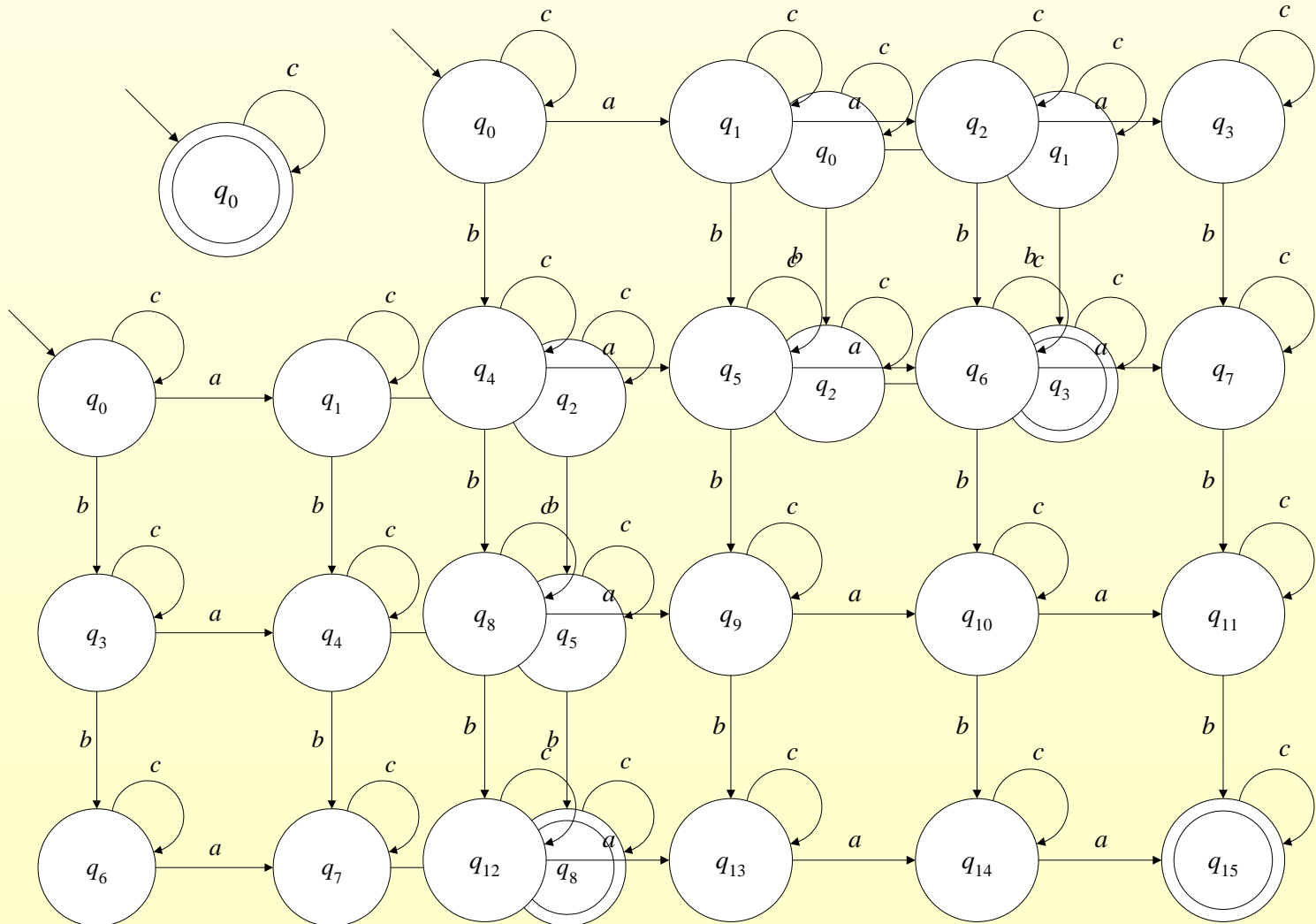
$$L_1 = \{w \mid \#_a(w) = \#_b(w) = 1\}$$

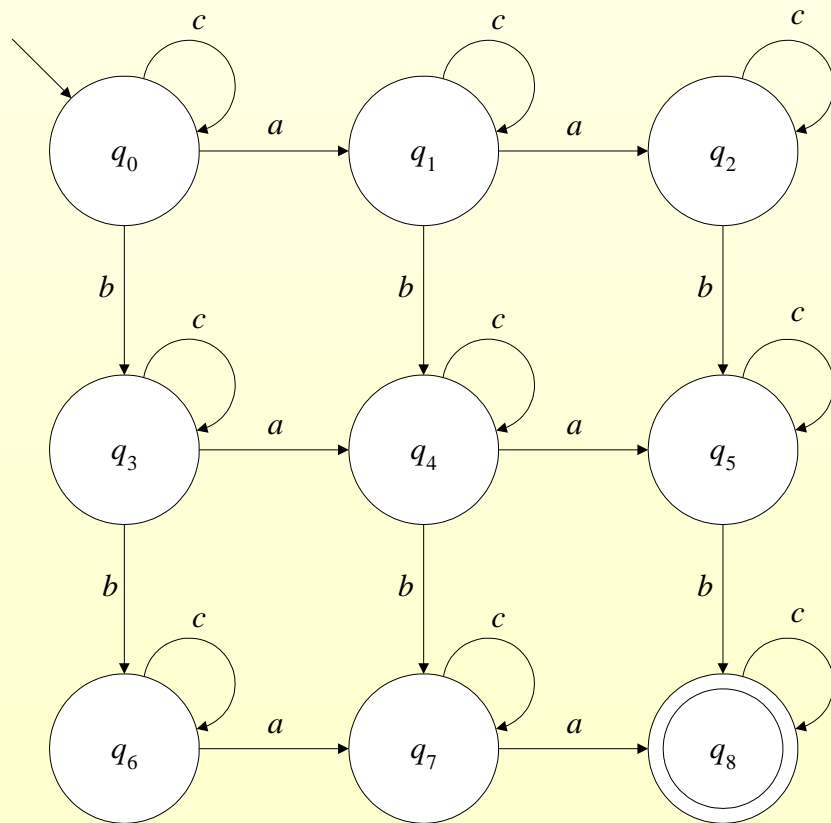
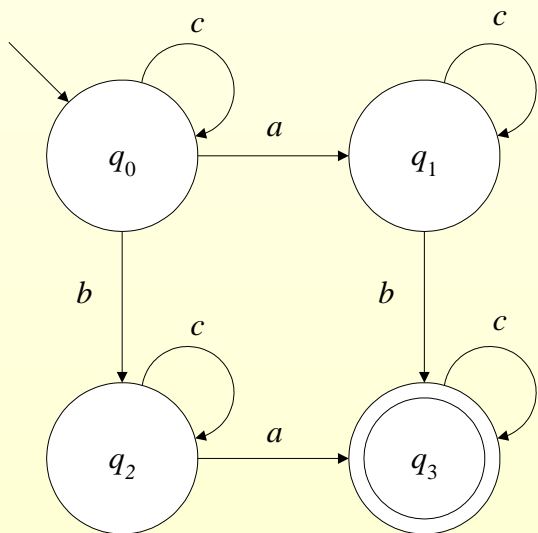
$$L_2 = \{w \mid \#_a(w) = \#_b(w) = 2\}$$

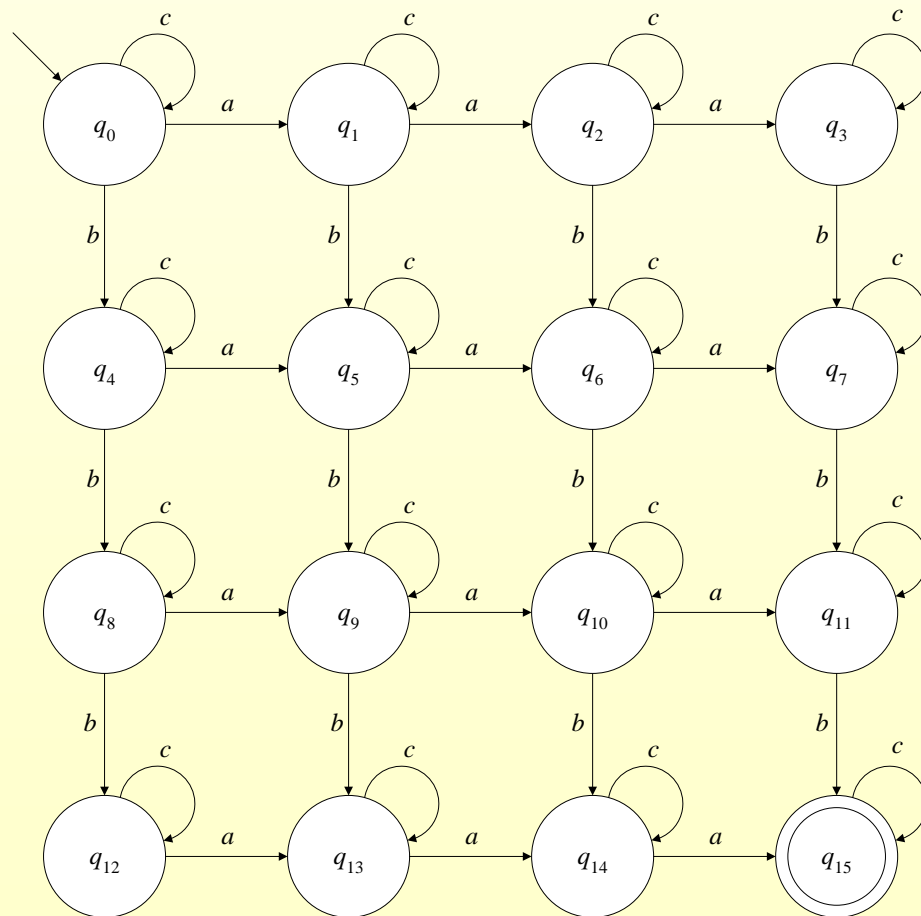
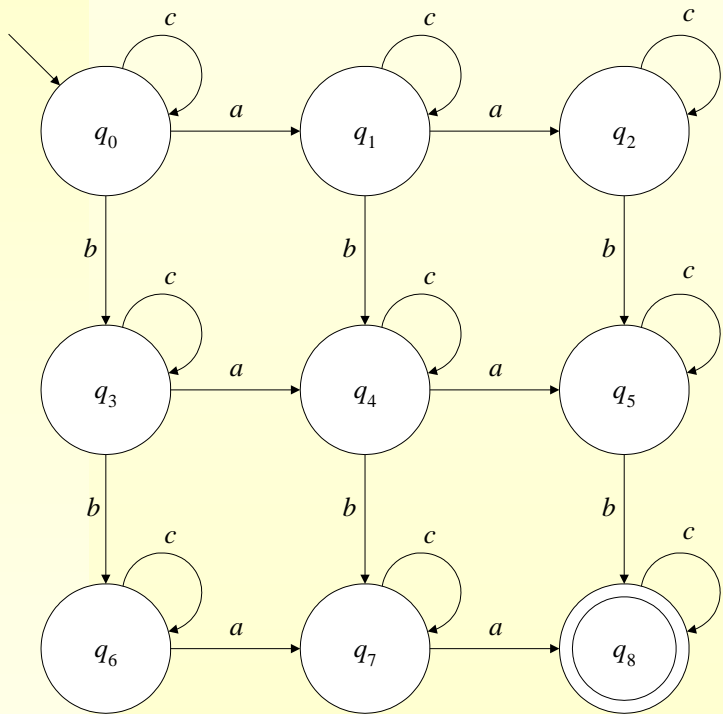
$$L_3 = \{w \mid \#_a(w) = \#_b(w) = 3\}$$

$$L = L_0 \cup L_1 \cup L_2 \cup L_3$$

פתרון ראשון – האוטומטים המתאימים







פתרון רדוקטיבי שני

$$L_0 = \{w \mid \#_a(w) = \#_b(w) = 0\}$$

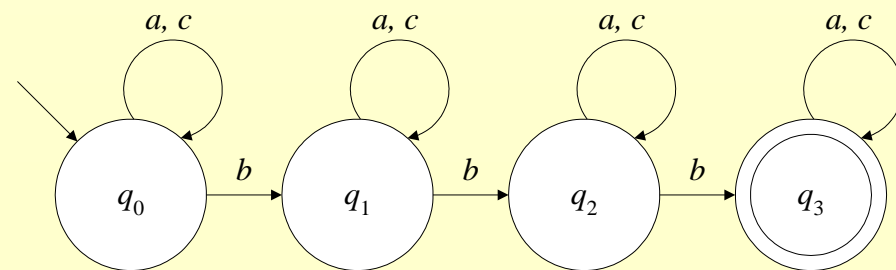
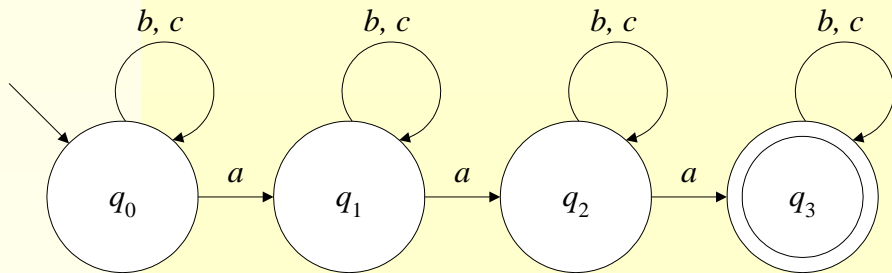
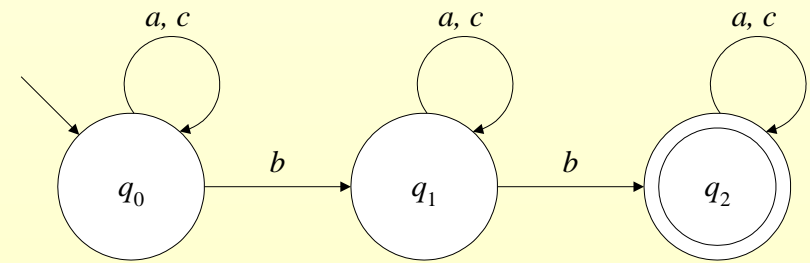
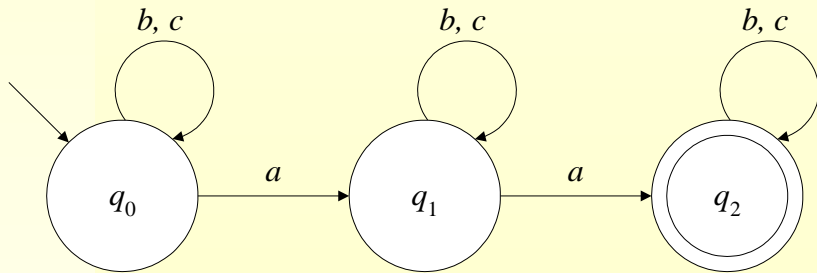
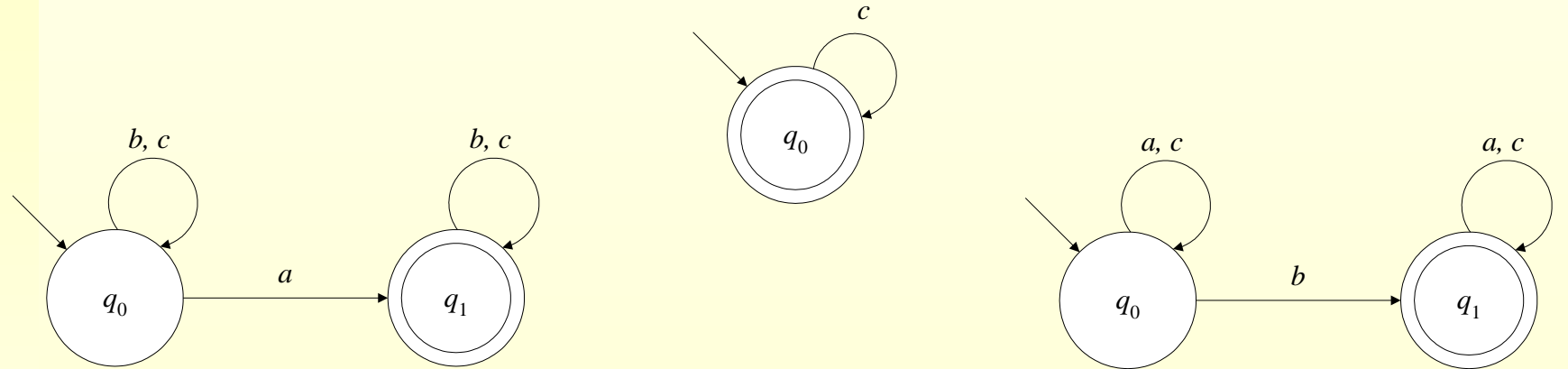
$$L_4 = \{w \mid \#_a(w) = 1\} \quad L_5 = \{w \mid \#_b(w) = 1\}$$

$$L_6 = \{w \mid \#_a(w) = 2\} \quad L_7 = \{w \mid \#_b(w) = 2\}$$

$$L_8 = \{w \mid \#_a(w) = 3\} \quad L_9 = \{w \mid \#_b(w) = 3\}$$

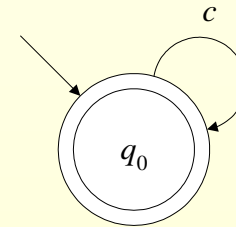
$$L = L_0 \cup (L_4 \cap L_5) \cup (L_6 \cap L_7) \cup (L_8 \cap L_9)$$

פתרון שני – האוטומטים המתאימים

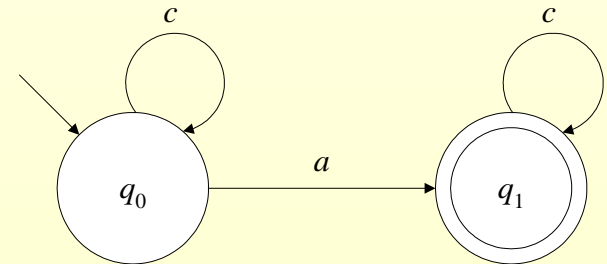


פתרון רדוקטיבי שלישי

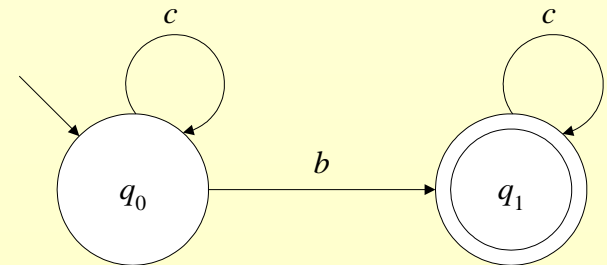
$$L_0 = \{w \mid \#_a(w) = \#_b(w) = 0\}$$



$$L_{10} = \{w \mid \#_a(w) = 1 \text{ and } \#_b(w) = 0\}$$



$$L_{11} = \{w \mid \#_a(w) = 0 \text{ and } \#_b(w) = 1\}$$



$$\begin{aligned}
L = & L_0 \cup (L_{10} \cdot L_{11}) \cup (L_{11} \cdot L_{10}) \cup \\
& (L_{10} \cdot L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{11}) \cup (L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{11}) \cup \\
& (L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{11} \cdot L_{10}) \cup (L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{10} \cdot L_{11}) \cup \\
& (L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{10}) \cup (L_{11} \cdot L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{10}) \cup \\
& (L_{10} \cdot L_{10} \cdot L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{11} \cdot L_{11}) \cup (L_{10} \cdot L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{11}) \cup \\
& (L_{10} \cdot L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{11}) \cup (L_{10} \cdot L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{11} \cdot L_{11} \cdot L_{10}) \cup \\
& (L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{11}) \cup (L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{11}) \cup \\
& (L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{11} \cdot L_{10}) \cup (L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{10} \cdot L_{11}) \cup \\
& (L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{10}) \cup (L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{11} \cdot L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{10}) \cup \\
& (L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{10} \cdot L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{11}) \cup (L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{11}) \cup \\
& (L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{11} \cdot L_{10}) \cup (L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{10} \cdot L_{11}) \cup \\
& (L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{10}) \cup (L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{10}) \cup \\
& (L_{11} \cdot L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{10} \cdot L_{10} \cdot L_{11}) \cup (L_{11} \cdot L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{10}) \cup \\
& (L_{11} \cdot L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{10}) \cup (L_{11} \cdot L_{11} \cdot L_{11} \cdot L_{10} \cdot L_{10} \cdot L_{10})
\end{aligned}$$

עקרון ה-Trade-off

פתרונות מתוחכמים יותר (רמת חשיבה
רדוקטיבית גבוהה יותר) משרים
סיבוכיות בנייה נמוכה יותר

ממצאי המחקר

- נטייה משמעותית לפתרונות ישירים
- כאשר יש פירוק: נטייה משמעותית לפירוקים מיידיים, שנובעים מניסוח השאלה
- הנטייה לפירוק מושפעת מניסוח השאלה, וממורכבותה לכאורה של השפה הנתונה
- בחירה ברדוקציה הנדסית גם כאשר רדוקציה קיומית מספקת

ומה באוניברסיטה?

חשיבה רדוקטיבית אצל סטודנטים הלומדים את
הקורס "אוטומטים ושפות פורמליות"

Armoni, M. and Gal-Ezer, J., Reduction –
an Abstract Thinking Pattern: The Case
of the Computational Models Course,
SIGCSE06.

- אוכלוסייה – 63 סטודנטים
- כלי מחקר – תשובות מלאות לשתי שאלות בתרגיל בית
- שיטה – ניתוח השאלות ע"פ שיטת הפתרון (ישירה או רדוקטיבית) ומאפייני הפתרון (רמת החשיבה הרדוקטיבית)

ממצאי המחקר

- נטייה ברורה לפתרונות ישירים בשאלה העוסקת בשפה חופשית הקשר
- נטייה לא מבוטלת לפתרונות המאופיינים על ידי רמה נמוכה של חשיבה רדוקטיבית בשאלה העוסקת בשפה רגולרית

חשיבה רדוקטיבית אצל סטודנטים למדעי המחשב בהקשר קוריקולרי כולל

Armoni, M, Gal-Ezer, J. and Hazzan, O.,
Reductive Thinking in Undergraduate CS
Courses.

- אוכלוסייה – 19 סטודנטים למדעי המחשב (11 - שנה ראשונה, 8 - שנה שנייה/שלישית) ו-10 פרחי הוראה
- כלי מחקר – ראיונות (סטודנטים) ושאלונים (פרחי הוראה). שאלות אלגוריתמיות ושאלות במודלים חישוביים
- שיטה – ניתוח איכותני

ממצאי המחקר

- הנטייה לשימוש ברדוקציה

- ◆ מתפתחת עם הזמן (נמוכה או אפסית אצל תלמידי שנה ראשונה, גבוהה יותר אצל סטודנטים מתקדמים)
- ◆ תלוית נושא (דוגמה – מסלולים קצרים)
- ◆ העברה (Transfer) לא קיימת בין אלגוריתמים לבין מודלים חישוביים

ממצאי המחקר - המשך

- ערעור בלגיטימיות השימוש ברדוקציה

 - ◆ מסגרת השאלה

 - ◆ מסגרת הקורס

 - ◆ הקשר כללי

 - ◆ החבאת פרטי הפתרון (קופסה שחורה)

ממצאי המחקר - המשך

● ביצוע רדוקציה

- ◆ העדפת רדוקציה הנדסית על פני רדוקציה קיומית (קופסה שחורה)
- ◆ ביצוע רדוקציה לבעיה רק כשזכורים פרטי פתרונה (קופסה שחורה)
- ◆ רדוקציה לפתרון במקום לבעיה (קופסה שחורה)
- ◆ ניצול לא מלא של היוריסטיקה רדוקטיבית
- ◆ פתרונות רדוקטיביים הם פחות יעילים
- ◆ פתרונות ישירים אינם קשים

השלכות על תהליכי הוראה

- להציג רדוקציה מוקדם ככל האפשר
 - לדון במפורש בפתרונות רדוקטיביים, להשוותם לפתרונות ישירים, ולהדגיש את יתרונותיהם
 - להציג שרשרת של פתרונות, שונים ברמת החשיבה הרדוקטיבית
- לשים דגש גם על תבניות חשיבה, היוריסטיקות והקשרים כללים של מדעי המחשב, ולא רק על יחידות הידע הכלולות בסילבוס