

# תרגיל 4 : Query Processing

תאריך הגשה: 23:55, 30.12.19

## הוראות הגשה:

בתרגיל זה אתם נדרשים להגיש קובץ zip בודד עם השם "ex4.zip". הקובץ יכלול את הקובץ ex4.pdf המכיל את התשובות לשאלות 1-5. כמו כן קובץ zip יכלול קובץ README עם הפרטים הבאים: IDNumber loginName .

## שאלה 1 (20 נקודות):

נתון מסד הנתונים הבא:

Patient (pid, pname, bmi, gender)

Visit (did, pid, vdate, fee)

הנחות:

- גודל בלוק הוא 100 בייטים.
  - בטבלה Patient יש 40,000 שורות, בכל בלוק 12 שורות.
  - בטבלה Visit יש 500,000 שורות, בכל בלוק 40 שורות.
  - קיים אינדקס מסדר 10 על תכונת המפתח pid בטבלה Patient.
  - קיים אינדקס מסדר 10 על התכונה fee בטבלה Visit.
  - הערכים בfee בטבלה Visit מתפלגים אחיד בטווח [1,1000]
- בסעיפים הבאים, בכל סעיף, חשבו את עלות השאילתה עם ובלי שימוש באינדקסים.

א.

```
SELECT DISTINCT "exists"  
FROM Visit  
WHERE fee > 990
```

בלי אינדקס:

הטבלה visit תופסת  $12,500 = \frac{500,000}{40}$  בלוקים שזה עלות מעבר על הטבלה לצורך השאילתה.

עם אינדקס:

כדי לענות על השאילתה בעזרת האינדקס נדרש רק חיפוש מהשורש עד העלה.

גובה האינדקס על fee הוא  $6 = \lceil \log_{10} 500,000 \rceil$ .

מספר העלים הנדרשים=1.

סה"כ עלות חישוב=7.

ב.

```
SELECT sum(fee)  
FROM Visit  
WHERE fee > 990
```

בלי אינקדס:

עלות מעבר על הטבלה = 12,500

עם אינדקס:

כדי לענות על השאילתה בעזרת האינדקס נדרש חיפוש המשורש עד העלה הראשון, ומעבר על כל העלים שבהם הערך גדול מ990.

גובהה האינדקס על fee הוא  $6 = \lceil \log_{10} 500,000 \rceil$ .

מספר העלים הדרושים: טווח הערכים הוא 0-1000, אם הערכים מתפלגים אחיד

אז מספר הערכים שגדולים מ990 הוא  $5000 = \left\lceil \frac{1000-990}{1000} \times 500,000 \right\rceil$ .

הסדר של האינדקס הוא 10, ולכן יש לקרוא לכל היותר  $500 = 5000/10$  עלים.

סה"כ עלות חישוב :  $6 + 500 = 506$

ג.

```
SELECT pid
FROM Visit
WHERE fee > 990
```

בלי אינקדס:

12,500

עם אינדקס:

כדי לענות על השאילתה בעזרת האינדקס נדרש חיפוש מהשורש עד העלה ואז קריאה של כל העלים עם ערכים גדולים מ990, ובנוסף, את כל השורות המתאימות מהטבלה, שיכולות כל אחת להופיע בבלוק נפרד.

גובהה האינדקס על fee הוא 6.

מספר השורות הנדרשות: 5000

מספר העלים הדרושים הוא 500.

מספר הבלוקים הדרושים מהטבלה: 5000

סה"כ עלות חישוב :  $5000 + 500 + 6 = 5506$

ד.

```
SELECT pname
FROM Patient
WHERE pid = 111111
```

בלי אינקדס:

הטבלה Patient תופסת  $3,334 = \left\lceil \frac{40,000}{12} \right\rceil$  בלוקים שזה עלות מעבר על הטבלה לצורך השאילתה.

עם אינדקס:

כדי לענות על השאילתה בעזרת האינדקס נדרש חיפוש מהשורש עד העלה שמכיל את 111111, ואז קריאה של בלוק אחד שמכיל את השורה המתאימה מהטבלה.

גובהה האינדקס על fee הוא  $5 = \lceil \log_{10} 40,000 \rceil$ .

מספר העלים הדרושים: 1

מספר הבלוקים הדרושים מהטבלה: 1

סה"כ עלות חישוב:  $5 + 1 + 1 = 7$

## שאלה 2 (20 נקודות):

נתונה מערכת בעלת המאפיינים הבאים:

- בטבלה  $R(A,B)$  יש 2,000,000 שורות. כל בלוק של  $R$  מכיל 100 שורות.
- בטבלה  $S(B,C,D)$  יש 5,000 שורות, כל בלוק של  $S$  מכיל 20 שורות.
- גודל החוצץ (buffer) הוא 102 בלוקים.

נרצה לחשב עלות של צירוף (join) של הטבלאות  $R \bowtie S$ .

1. מה תהיה עלות החישוב של  $R \bowtie S$  לפי כל אחד מהאלגוריתמים הבאים?  
אם החישוב לא אפשרי, הסבירו למה.  
א. *Block-nested-loops*?

$$\frac{5,000}{20} = 250 = S \text{ טבלה של מספר הבלוקים}$$

$$\frac{2,000,000}{100} = 20,000 = R \text{ של מספר הבלוקים}$$

נבחר את  $S$  להיות הטבלה החיצונית כי היא קטנה יותר

$$B(S) + B(R) \times \frac{B(S)}{M-2} = 250 + 20,000 \times \left\lceil \frac{250}{100} \right\rceil = 60,250 \text{ I/O}$$

ב. *Sort-merge-join*?

לא אפשרי.

מספר הבלוקים של  $R = 20,000$

$$\left\lceil \frac{B(R)}{M} \right\rceil = \left\lceil \frac{20,000}{102} \right\rceil = 197 > 102$$

ג. *Hash-join*?

$$B(S)=250$$

$$\left\lceil \frac{B(S)}{M-1} \right\rceil = \left\lceil \frac{250}{101} \right\rceil = 3 < 100$$

ולכן אפשר לבצע Hash-join.

$$\text{סה"כ עלות } 3B(R) + 3B(S) = 60,750 \text{ I/O}$$

2. כעת הניחי שגודל החוצץ הוא 300, איך הייתה משתנה העלות שחישבת בסעיף 1?  
א. *Block-nested-loops*?

סה"כ עלות

$$B(S) + B(R) \times \frac{B(S)}{M-2} = 250 + 20,000 \times \left\lceil \frac{250}{298} \right\rceil = 20,250 \text{ I/O}$$

- ב. *Sort-merge-join*?

כעת החישוב אפשרי:

$$\left\lceil \frac{B(R)}{M} \right\rceil = \left\lceil \frac{20,000}{300} \right\rceil = 67 < 252$$

ובנוסף

$$\left\lceil \frac{B(S)}{M} \right\rceil = \left\lceil \frac{250}{300} \right\rceil = 1 < 252$$

וביחד  $67 + 1 < 300$

ולכן אפשר לבצע את הצירוף במקום המעבר השני של המיון והעלות תהיה:

$$3B(R) + 3B(S) = 60,750 \text{ I/O}$$

- ג. *Hash-join*?

כמובן שאם M יותר גדול עדיין אפשר לבצע Hash-join.  
סה"כ עלות  $3B(R) + 3B(S) = 60,750 \text{ I/O}$

3. מה גודל החוצץ המינימלי הנדרש כדי שיהיה ניתן לחשב כל אחד מהאלגוריתמים?  
א. *Block-nested-loops*?

מספיק 3 בלוקים .

- ב. *Sort-merge-join*?

צריך לקיים:

$$\left\lceil \frac{B(R)}{M} \right\rceil < M \rightarrow \left\lceil \frac{20,000}{M} \right\rceil < M \rightarrow 20,000 < M^2$$

$$\left\lceil \frac{20,000}{142} \right\rceil = 141 < 142 \quad \mathbf{142=M}$$

מכיוון ש  $M$  יותר קטן, זה בטוח מספיק גם עבור מיון של  $S$ .

ג. Hash-join?

צריך לקיים:

$$\left\lceil \frac{B(S)}{M-1} \right\rceil < M-1 \rightarrow \left\lceil \frac{250}{M-1} \right\rceil < M-1 \rightarrow 250 < (M-1)^2$$

$$\left\lceil \frac{250}{17} \right\rceil = 15 < 17 \quad \mathbf{M=18}$$

### שאלה 3 (25 נקודות):

רוצים לחשב את הביטוי  $(R(A, B) \bowtie S(B, C))$ .  $\sigma_{A=11 \wedge C < 3}$ .  
גודלי היחסים הם  $B(R)=5,000$ ,  $B(S)=300$ . בכל בלוק של  $R$  יש 10 רשומות, ובכל בלוק של  $S$  יש 5 רשומות. ליחס  $R$  יש שני אינדקסים עם עלות גישה זניחה: אחד על אטריבוט  $A$  ואחד על אטריבוט  $B$ . כמו כן, ידוע ש  $B$  הוא מפתח ביחס  $R$ , וכן  $V(R, A)=100$  ו  $V(S, B)=20$ . בחוצץ (buffer) יש 10 בלוקים.

א. תעריכי את גודל התוצאה בבלוקים של הביטוי  $\sigma_{C < 3} S(B, C)$

$$T(S) = 300 \times 5 = 1,500 \quad \text{מספר השורות של } S$$

$$T(\text{sel}(S)) = \frac{1,500}{3} = 500 \quad \text{מספר השורות ב } S \text{ שבהן } C < 3$$

$$B(\text{sel}(S)) = \frac{500}{5} = 100 \quad \text{מספר הבלוקים בתוצאת הביטוי}$$

ב. תעריכי את גודל התוצאה בבלוקים של הביטוי  $\sigma_{A=11} R(A, B)$

$$T(R) = 5,000 \times 10 = 50,000 \quad \text{מספר השורות של } R$$

$$T(\text{sel}(R)) = \frac{50,000}{100} = 500 \quad \text{מספר השורות ב } R \text{ שבהן } A=11$$

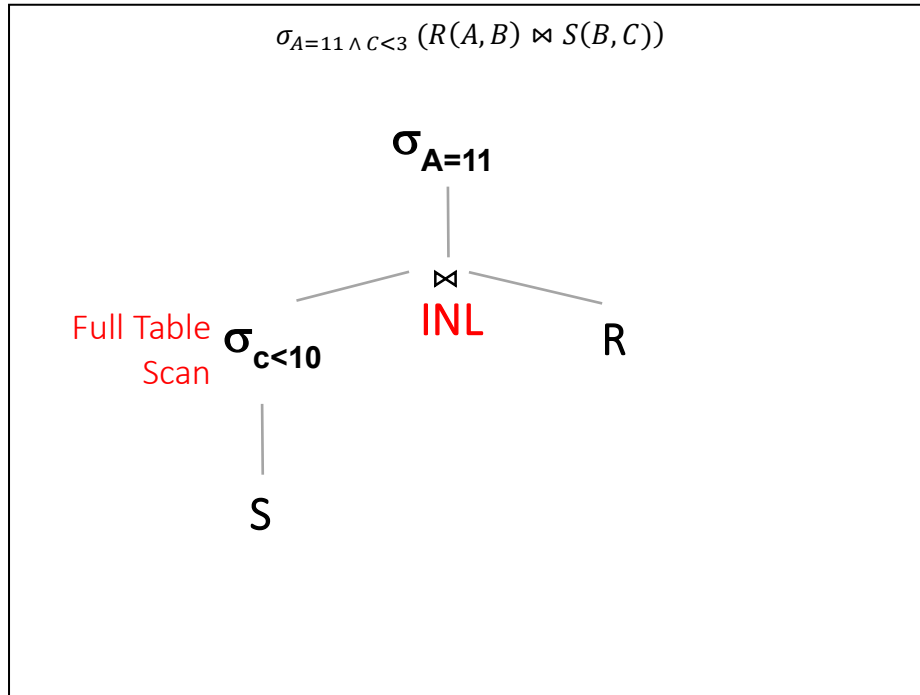
$$B(\text{sel}(R)) = \frac{500}{10} = 50 \quad \text{מספר הבלוקים בתוצאת הביטוי}$$

ג. תעריכי את מספר השורות בתוצאה של הביטוי כולו  $\sigma_{A=11 \wedge C < 3} (R(A, B) \bowtie S(B, C))$

$$V(R, B) = T(R) = 50,000 \quad \text{ידוע ש } B \text{ הוא מפתח ב } R \text{ ולכן}$$

$$\frac{T(\text{sel}(R)) \times T(\text{sel}(S))}{\max\{V(R, B), V(S, B)\}} = \frac{500 \times 500}{50,000} = 5$$

ד. מהו האלגוריתם הכי יעיל לחישוב התוצאה? ציירו את עץ query plan.



ה. מה עלות החישוב היעיל ביותר?

נחשב בחירה של  $C < 10$  ע"י full-table-scan.  
 לכל שורה שבה התנאי מתקיים, נקראה לאינדקס של R.B כדי לבצע צירוף לשורות שבהן  $R.B = S.B$ .  
 נוציא output רק שורות שבהן מתקיים התנאי  $A = 11$ .  
 סה"כ עלות:  $B(S) + T(\text{Sel}(S)) \times \text{costOfIndex}(R) = 300 + 500 \times 1 = 800$

#### שאלה 4 (25 נקודות):

רוצים לחשב את הביטוי  $\sigma_{A < 10 \wedge D < 5} \pi_{A,D} (R(A, B, C) \bowtie S(B, D))$ . החטלה היא ללא מחיקת כפילויות. גודלי היחסים הם  $B(S) = 90$ ,  $B(R) = 1,000$ . גודל כל אחד מהאטריבוטים הוא 10 bytes וגודל בלוק הוא 3,000 bytes. אין אינדקסים ואסור לבנות אותם. כמו כן,  $V(S, B) = 100$  וידוע ש B הוא מפתח ביחס R. בחוצץ (buffer) יש 22 בלוקים.

א. מה יהיה מספר הרשומות בתוצאה?

כל שורה של R תופסת 30 בייט, בב्लוק יש 3000 בייט, ולכן יש 100 שורות בב्लוק.

$$T(R) = 1000 \times 100 = 100,000, \quad T(\text{Sel}(R)) = \frac{100,000}{3}$$

כל שורה של S תופסת 20 בייט, בב्लוק יש 3000 בייט, ולכן יש 150 שורות בב्लוק.

$$T(S) = 90 \times 150 = 13,500, \quad T(\text{Sel}(S)) = \frac{13,500}{3}$$

בגלל ש B מפתח ב R  $V(R,B) = T(R) = 100,000$

$$\frac{T(\text{sel}(R)) \times T(\text{sel}(S))}{\max\{V(R,B), V(S,B)\}} = \frac{\frac{100,000}{3} \times \frac{13,500}{3}}{100,000} = 1,500$$

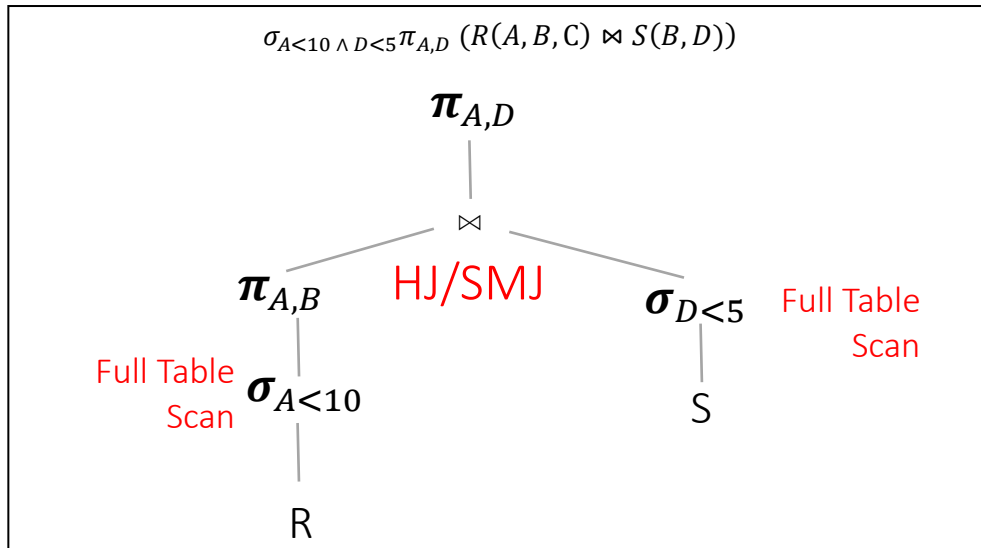
הנוסחה לגודל התוצאה: **1,500**

ב. מה יהיה גודל התוצאה בב्लוקים?

כל שורה בתוצאה היא בגודל 20 בייט, כי יש הטלה. ולכן יש 150 שורות בב्लוק.

$$\frac{1,500}{150} = 10$$

ג. מהו האלגוריתם הכי יעיל לחישוב התוצאה? ציירו את עץ ה query plan.



ד. מה עלות החישוב היעיל ביותר?

$$\begin{aligned} E_R &= \pi_{A,B} \sigma_{A < 10} R(A, B, C), E_S = \sigma_{D < 5} S(B, D) \\ \text{כעת, } Read(E_R) &= B(R) = 1000, Read(E_S) = B(S) = 90 \\ TSize(E_R) &= \frac{100,000}{3} = 33,333, BSize(E_R) = \frac{33,333}{150} = 223 \\ TSize(E_S) &= \frac{13,500}{3} = 4500, BSize(E_S) = \frac{4500}{150} = 30 \\ \text{נוסחת העלות: } &Read(E_R) + Read(E_S) + 2(BSize(E_R) + BSize(E_S)) = \\ &1,000 + 90 + 2(223 + 30) = 1,596 \end{aligned}$$

ה. מה תהיה עלות החישוב היעיל ביותר אם  $B(S)=60$ .

$$\begin{aligned} \text{מכיוון ש} BSize(E_S) &= 20 \text{ אפשר לבצע ב} BNL \text{ באופן הכי יעיל כך ש } S \text{ נכנס כולו} \\ &\text{בחוצץ.} \\ \text{ואז עלות החישוב היא } &read(E_S) + read(E_R) = 1060. \end{aligned}$$

### שאלה 5 (10 נקודות):

מטרת שאלה זו היא התנסות עם כתיבה יעילה של שאילתות ושימוש באינדקס להתייעלות.

נתון היחס

*People(id, name, phonenumber, city, country, bdate).*

ורוצים לחשב את השאילתה הבאה:

```
select distinct *
from People P1
where bdate = (select min(bdate)
               from People P2
               where P2.country = P1.country);
```

לצורך מענה על הסעיפים הבאים, יש לטעון את הנתונים מהקובץ *People.csv* הנמצא באתר הקורס לתוך מסד הנתונים במחשב לפי ההוראות הבאות:

1. היכנסי למסד הנתונים (*psql -h dbcourse public*) והשתמשי בפקודה הבאה ליצירת הטבלה:



```
create table People(
  id integer,
  name varchar,
  phonenumber varchar,
  city varchar,
  country varchar,
  bdate date
);
```

2. צאי ממסד הנתונים, והריצי את הפקודה הבאה :

```
cat People-file-path/people.csv |
```

```
psql -hdbcourse public -c "copy People FROM STDIN DELIMITER ',' CSV HEADER"
```

כאשר *People-file-path* הוא שם התיקייה שבה מיקמת את הקובץ *people.csv*.

3. חזרי לתוך מסד הנתונים.

כעת עני על השאלות הבאות:

א. הריצי את השאילתה. כמה זמן לקח להריץ?  
(אם לוקח יותר משתי דקות, אפשר להפסיק את ההרצה ולענות: יותר מ-2 דקות).  
הריצי פקודת *explain*, שמראה את *query plan* של השאילתה וצרפי אותה לתשובות.

ב. נסי לשפר את זמן הריצה ע"י שינוי בתחביר השאילתה.  
כתבי את השאילתה החדשה, וכמה זמן לקח להריץ אותה.  
הריצי את השאילתה עם פקודת *explain analyse*, שמראה את *query plan* של השאילתה החדשה, צרפי אותה לתשובות.  
נסי לשער מה גרם לשיפור בזמן הריצה.

ג. האם אפשר לשפר את זמן הריצה ע"י הוספת אינדקס?  
בדקי אפשרויות שונות לאינדקס.  
כתבי איזה אפשרות של אינדקס שבנית היה הכי יעיל,  
כתבי את זמן הריצה החדש, הריצי את השאילתה עם פקודת *explain analyse*, שמראה את *query plan* של השאילתה, צרפי אותה לתשובות.  
נסי להסביר את השינוי בזמן הריצה.

בהצלחה!