

יסודות האלגוריתמים והסיבוכיות

תרגול 04 - עצי חיפוש בינאריים



למדנו על כמה מבני נתונים המאפשרים מספר פעולות:

מערך ממויין		רשימה מקושרת
בנייה	$\mathcal{O}(n \log n)$	$\mathcal{O}(n)$
הוספת איבר	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(1)$
הוצאת איבר	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(n)$ או $\mathcal{O}(1)$
חיפוש	$\mathcal{O}(\log n)$	$\mathcal{O}(n)$



למדנו על כמה מבני נתונים המאפשרים מספר פעולות:

מערך ממויין	רשימה מקושרת	עץ חיפוש בינארי	
$\mathcal{O}(n \log n)$	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(n \times \text{height})$	בנייה
$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(\text{height})$	הוספת איבר
$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(n)$ או $\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(\text{height})$	הוצאת איבר
$\mathcal{O}(\log n)$	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(\text{height})$	חיפוש



למדנו על כמה מבני נתונים המאפשרים מספר פעולות:

מערך ממויין	רשימה מקושרת	עץ חיפוש בינארי
בנייה	$\mathcal{O}(n \log n)$	$\mathcal{O}(n \times \text{height})$
הוספת איבר	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(\text{height})$
הוצאת איבר	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(\text{height})$ או $\mathcal{O}(1)$
חיפוש	$\mathcal{O}(\log n)$	$\mathcal{O}(\text{height})$

עץ חיפוש בינארי הוא גרף הבנוי כך שלכל צומת יש עד שני ילדים, ימני ושמאלי. כמו כן לכל צומת יש צומת אב אחד למעט השורש.

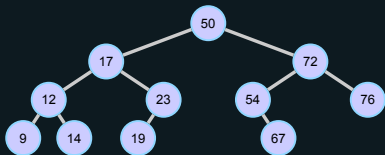


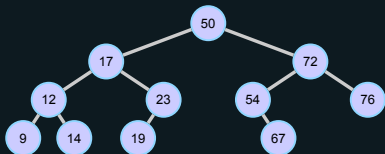
למדנו על כמה מבני נתונים המאפשרים מספר פעולות:

מערך ממויין	רשימה מקושרת	עץ חיפוש בינארי	
$\mathcal{O}(n \log n)$	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(n \times \text{height})$	בנייה
$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(1)$	$\mathcal{O}(\text{height})$	הוספת איבר
$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(1)$ או $\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(\text{height})$	הוצאת איבר
$\mathcal{O}(\log n)$	$\mathcal{O}(n)$	$\mathcal{O}(\text{height})$	חיפוש

עץ חיפוש בינארי הוא גרף הבנוי כך שלכל צומת יש עד שני ילדים, ימני ושמאלי. כמו כן לכל צומת יש צומת אב אחד למעט השורש.

עבור כל צומת v בעץ חיפוש בינארי מתקיים: המפתח של v קטן מהמפתחות של כל הצמתים בתת העץ הימני שלו וגדול מכל המפתחות בתת העץ השמאלי.





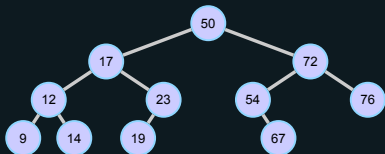
In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ **then** InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ **then** InOrder($x.\text{right}$)



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

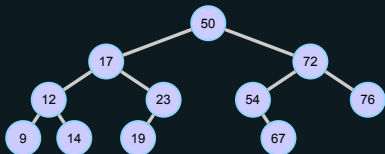
InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

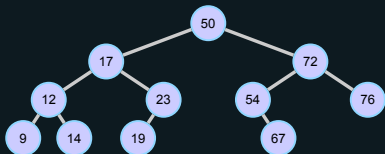
InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9	12
---	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

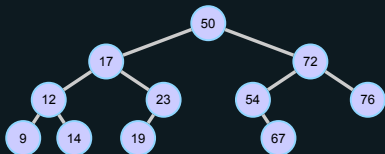
InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

9	12	14
---	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

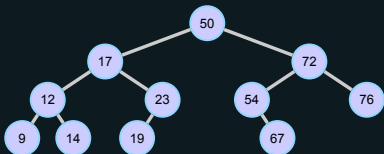
InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9	12	14	17
---	----	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

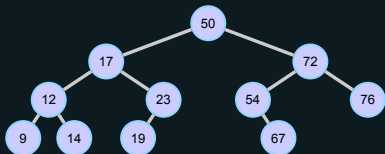
InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9	12	14	17	19
---	----	----	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

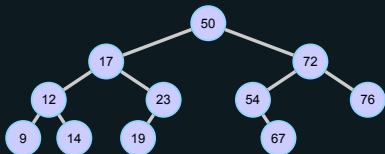
InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

9	12	14	17	19	23
---	----	----	----	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

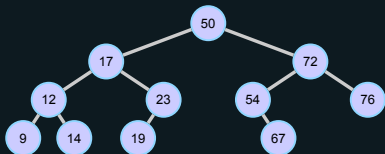
InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9	12	14	17	19	23	50
---	----	----	----	----	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

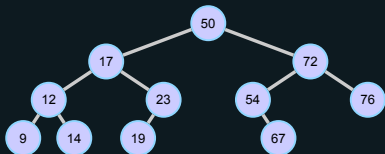
InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

9	12	14	17	19	23	50	54
---	----	----	----	----	----	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

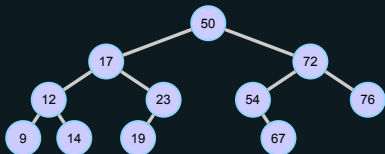
InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

9	12	14	17	19	23	50	54	67
---	----	----	----	----	----	----	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

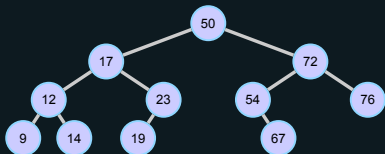
InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

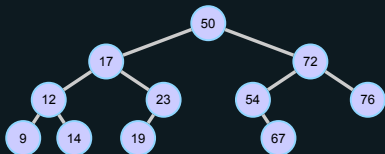
InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

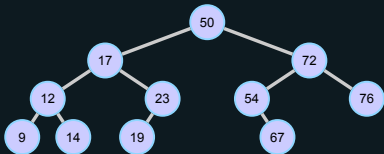
if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

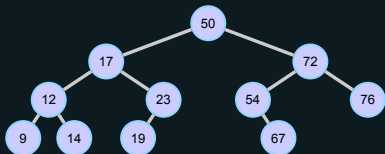
Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

PreOrder(x):

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{right}$)



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

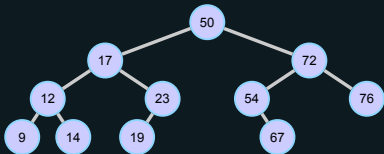
PreOrder(x):

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{right}$)

50



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

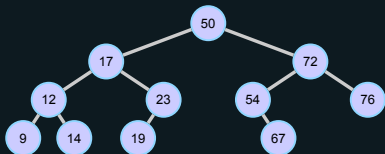
PreOrder(x):

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{right}$)

50	17
----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

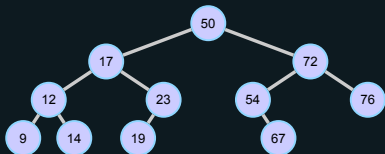
PreOrder(x):

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{right}$)

50	17	12
----	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

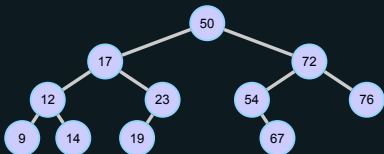
PreOrder(x):

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{right}$)

50	17	12	9
----	----	----	---



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

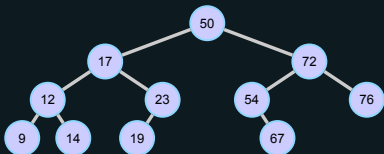
PreOrder(x):

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{right}$)

50	17	12	9	14
----	----	----	---	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

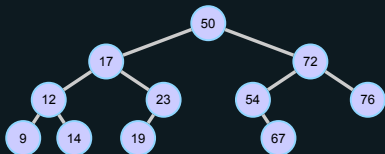
PreOrder(x):

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{right}$)

50	17	12	9	14	23
----	----	----	---	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

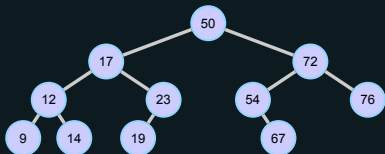
PreOrder(x):

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{right}$)

50	17	12	9	14	23	19
----	----	----	---	----	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

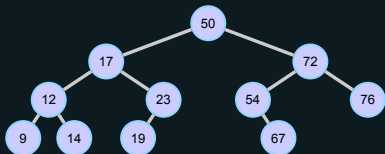
PreOrder(x):

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{right}$)

50	17	12	9	14	23	19	72
----	----	----	---	----	----	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.left \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

if $x.right \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

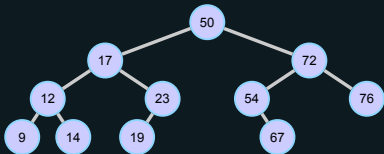
PreOrder(x):

Print x.key

if $x.left \neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if $x.right \neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

50	17	12	9	14	23	19	72	54
----	----	----	---	----	----	----	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

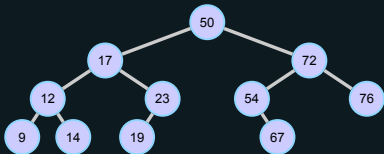
PreOrder(x):

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{right}$)

50	17	12	9	14	23	19	72	54	67
----	----	----	---	----	----	----	----	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

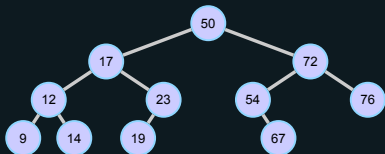
PreOrder(x):

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{right}$)

50	17	12	9	14	23	19	72	54	67	76
----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

PreOrder(x):

Print x.key

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

50	17	12	9	14	23	19	72	54	67	76
----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----

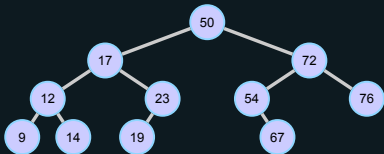
Post Order - תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין \Leftarrow שורש

PostOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PostOrder(x.left)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PostOrder(x.right)

Print x.key



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

PreOrder(x):

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{right}$)

50	17	12	9	14	23	19	72	54	67	76
----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----

Post Order - תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין \Leftarrow שורש

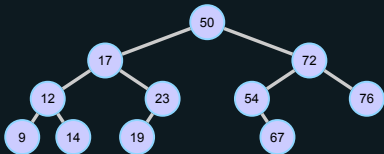
PostOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PostOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PostOrder($x.\text{right}$)

Print $x.\text{key}$

9



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

PreOrder(x):

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{right}$)

50	17	12	9	14	23	19	72	54	67	76
----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----

Post Order - תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין \Leftarrow שורש

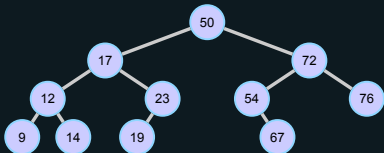
PostOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PostOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PostOrder($x.\text{right}$)

Print $x.\text{key}$

9	14
---	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

PreOrder(x):

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{right}$)

50	17	12	9	14	23	19	72	54	67	76
----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----

Post Order - תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין \Leftarrow שורש

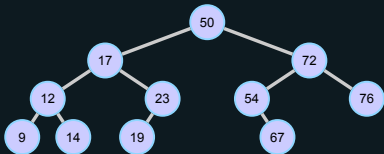
PostOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PostOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PostOrder($x.\text{right}$)

Print $x.\text{key}$

9	14	12
---	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.left \neq \emptyset$ then InOrder($x.left$)

Print $x.key$

if $x.right \neq \emptyset$ then InOrder($x.right$)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

PreOrder(x):

Print $x.key$

if $x.left \neq \emptyset$ then PreOrder($x.left$)

if $x.right \neq \emptyset$ then PreOrder($x.right$)

50	17	12	9	14	23	19	72	54	67	76
----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----

Post Order - תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין \Leftarrow שורש

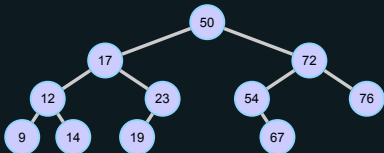
PostOrder(x):

if $x.left \neq \emptyset$ then PostOrder($x.left$)

if $x.right \neq \emptyset$ then PostOrder($x.right$)

Print $x.key$

9	14	12	19
---	----	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.left \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

if $x.right \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

PreOrder(x):

Print x.key

if $x.left \neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if $x.right \neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

50	17	12	9	14	23	19	72	54	67	76
----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----

Post Order - תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין \Leftarrow שורש

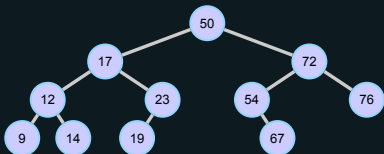
PostOrder(x):

if $x.left \neq \emptyset$ then PostOrder(x.left)

if $x.right \neq \emptyset$ then PostOrder(x.right)

Print x.key

9	14	12	19	23
---	----	----	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

PreOrder(x):

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{right}$)

50	17	12	9	14	23	19	72	54	67	76
----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----

Post Order - תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין \Leftarrow שורש

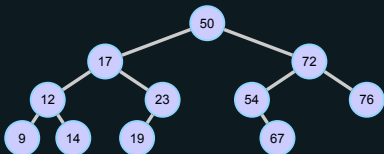
PostOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PostOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PostOrder($x.\text{right}$)

Print $x.\text{key}$

9	14	12	19	23	17
---	----	----	----	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.left \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

if $x.right \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

PreOrder(x):

Print x.key

if $x.left \neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if $x.right \neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

50	17	12	9	14	23	19	72	54	67	76
----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----

Post Order - תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין \Leftarrow שורש

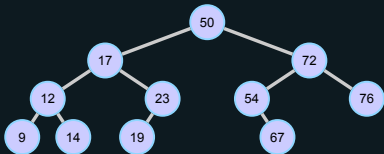
PostOrder(x):

if $x.left \neq \emptyset$ then PostOrder(x.left)

if $x.right \neq \emptyset$ then PostOrder(x.right)

Print x.key

9	14	12	19	23	17	67
---	----	----	----	----	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.left \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

if $x.right \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

PreOrder(x):

Print x.key

if $x.left \neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if $x.right \neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

50	17	12	9	14	23	19	72	54	67	76
----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----

Post Order - תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין \Leftarrow שורש

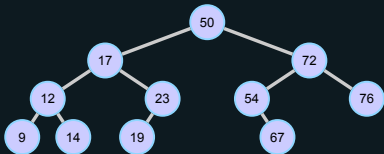
PostOrder(x):

if $x.left \neq \emptyset$ then PostOrder(x.left)

if $x.right \neq \emptyset$ then PostOrder(x.right)

Print x.key

9	14	12	19	23	17	67	54
---	----	----	----	----	----	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

PreOrder(x):

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{right}$)

50	17	12	9	14	23	19	72	54	67	76
----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----

Post Order - תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין \Leftarrow שורש

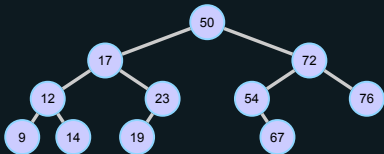
PostOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PostOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PostOrder($x.\text{right}$)

Print $x.\text{key}$

9	14	12	19	23	17	67	54	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{left}$)

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder($x.\text{right}$)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

PreOrder(x):

Print $x.\text{key}$

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder($x.\text{right}$)

50	17	12	9	14	23	19	72	54	67	76
----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----

Post Order - תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין \Leftarrow שורש

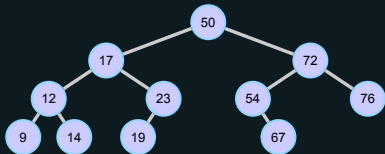
PostOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PostOrder($x.\text{left}$)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PostOrder($x.\text{right}$)

Print $x.\text{key}$

9	14	12	19	23	17	67	54	76	72
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----



In Order - תת עץ שמאל \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ ימין

InOrder(x):

if $x.left \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

if $x.right \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

9	12	14	17	19	23	50	54	67	72	76
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Out Order - תת עץ ימין \Leftarrow שורש \Leftarrow תת עץ שמאל
(הפוך מ-In Order)

Pre Order - שורש \Leftarrow תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין

PreOrder(x):

Print x.key

if $x.left \neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if $x.right \neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

50	17	12	9	14	23	19	72	54	67	76
----	----	----	---	----	----	----	----	----	----	----

Post Order - תת עץ שמאל \Leftarrow תת עץ ימין \Leftarrow שורש

PostOrder(x):

if $x.left \neq \emptyset$ then PostOrder(x.left)

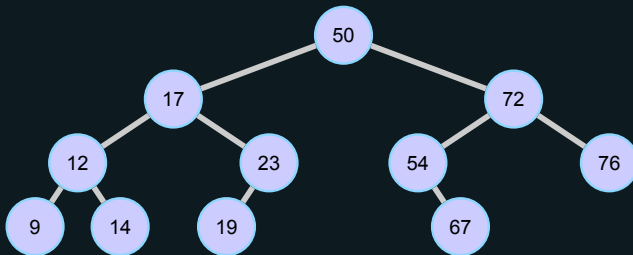
if $x.right \neq \emptyset$ then PostOrder(x.right)

Print x.key

9	14	12	19	23	17	67	54	76	72	50
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

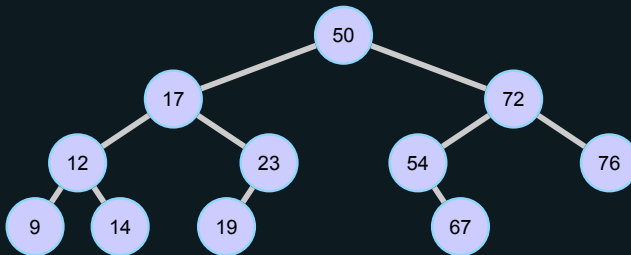


כתבו תוכנית המחזירה מפתח מינימאלי בעץ חיפוש בינארי.





כתבו תוכנית המחזירה מפתח מינימאלי בעץ חיפוש בינארי.



Min(x):

```
while x.left  $\neq \emptyset$  do  
    x = x.left  
return x.key
```

על מנת למצוא את המפתח המינימלי
צריך למצוא את האיבר הכי שמאלי,
נפעיל את Min עם שורש העץ כקלט.



PreOrder(x):

Print x.key

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

להלן שתי סריקות של עץ חיפוש בינארי מסויים. שחזרו את העץ המקורי.

$a, b, c, d, e, g, h, j, f$:pre-order

$c, d, b, a, h, g, j, e, f$:in-order

רמז: העזרו ברקורסיה.



PreOrder(x):

Print x.key

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

להלן שתי סריקות של עץ חיפוש בינארי מסויים. שחזרו את העץ המקורי.

a, b, c, d, e, g, h, j, f :pre-order

c, d, b, a, h, g, j, e, f :in-order

רמז: העזרו ברקורסיה.

- נשים לב ששורש העץ מופיע בתחילת סריקת pre-order.



PreOrder(x):

Print x.key

if $x.left \neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if $x.right \neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

InOrder(x):

if $x.left \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

if $x.right \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

להלן שתי סריקות של עץ חיפוש בינארי מסויים. שחזרו את העץ המקורי.

a, b, c, d, e, g, h, j, f :pre-order

c,d,b, **a**, h,g,j,e,f :in-order

רמז: העזרו ברקורסיה.

po=[a, b, c, d, e, g, h, j, f]

io=[c, d, b, a, h, g, j, e, f]

○ נשים לב ששורש העץ מופיע בתחילת סריקת pre-order.

○ ע"פ סריקת in-order כל האיברים שמימין לשורש חייבים להיות גם לימינו בעץ.



PreOrder(x):

Print x.key

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

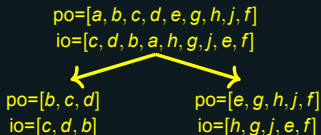
if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

להלן שתי סריקות של עץ חיפוש בינארי מסויים. שחזרו את העץ המקורי.

a, b, c, d, e, g, h, j, f : pre-order

c, d, b, **a**, **h, g, j, e, f** : in-order

רמז: העזרו ברקורסיה.



נשים לב ששורש העץ מופיע בתחילת סריקת pre-order.

ע"פ סריקת in-order כל האיברים שמימין לשורש חייבים להיות גם לימינו בעץ.

כעת נוכל לחזור על הפעולה על תתי העץ עד שנשחזר את כל העץ.



PreOrder(x):

Print x.key

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

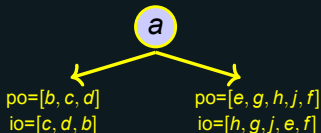
if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

להלן שתי סריקות של עץ חיפוש בינארי מסויים. שחזרו את העץ המקורי.

$a, b, c, d, e, g, h, j, f$:pre-order

$c, d, b, a, h, g, j, e, f$:in-order

רמז: העזרו ברקורסיה.



○ נשים לב ששורש העץ מופיע בתחילת pre-order סריקת.

○ ע"פ סריקת in-order כל האיברים שמימין לשורש חייבים להיות גם לימינו בעץ.

○ כעת נוכל לחזור על הפעולה על תתי העץ עד שנשחזר את כל העץ.



PreOrder(x):

Print x.key

if $x.left \neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if $x.right \neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

InOrder(x):

if $x.left \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

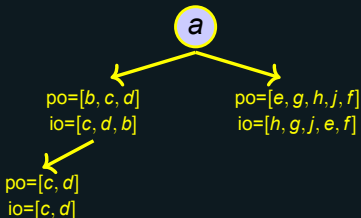
if $x.right \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

להלן שתי סריקות של עץ חיפוש בינארי מסויים. שחזרו את העץ המקורי.

$a, b, c, d, e, g, h, j, f$:pre-order

$c, d, b, a, h, g, j, e, f$:in-order

רמז: העזרו ברקורסיה.



○ נשים לב ששורש העץ מופיע בתחילת סריקת pre-order.

○ ע"פ סריקת in-order כל האיברים שמימין לשורש חייבים להיות גם לימינו בעץ.

○ כעת נוכל לחזור על הפעולה על תתי העץ עד שנשחזר את כל העץ.



PreOrder(x):

Print x.key

if $x.left \neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if $x.right \neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

InOrder(x):

if $x.left \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

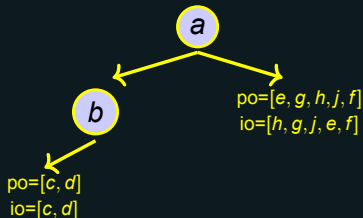
if $x.right \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

להלן שתי סריקות של עץ חיפוש בינארי מסויים. שחזרו את העץ המקורי.

$a, b, c, d, e, g, h, j, f$:pre-order

$c, d, b, a, h, g, j, e, f$:in-order

רמז: העזרו ברקורסיה.



○ נשים לב ששורש העץ מופיע בתחילת סריקת pre-order.

○ ע"פ סריקת in-order כל האיברים שמימין לשורש חייבים להיות גם לימינו בעץ.

○ כעת נוכל לחזור על הפעולה על תתי העץ עד שנשחזר את כל העץ.



PreOrder(x):

Print x.key

if $x.left \neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if $x.right \neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

InOrder(x):

if $x.left \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

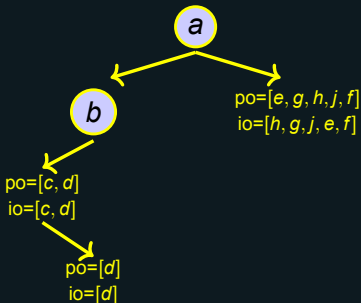
if $x.right \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

להלן שתי סריקות של עץ חיפוש בינארי מסויים. שחזרו את העץ המקורי.

$a, b, c, d, e, g, h, j, f$:pre-order

$c, d, b, a, h, g, j, e, f$:in-order

רמז: העזרו ברקורסיה.



נשים לב ששורש העץ מופיע בתחילת סריקת pre-order.

ע"פ סריקת in-order כל האיברים שמימין לשורש חייבים להיות גם לימינו בעץ.

כעת נוכל לחזור על הפעולה על תתי העץ עד שנשחזר את כל העץ.



PreOrder(x):

Print x.key

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

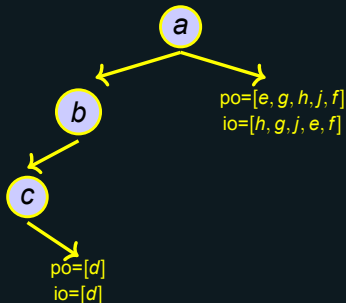
if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

להלן שתי סריקות של עץ חיפוש בינארי מסויים. שחזרו את העץ המקורי.

$a, b, c, d, e, g, h, j, f$:pre-order

$c, d, b, a, h, g, j, e, f$:in-order

רמז: העזרו ברקורסיה.



○ נשים לב ששורש העץ מופיע בתחילת סריקת pre-order.

○ ע"פ סריקת in-order כל האיברים שמימין לשורש חייבים להיות גם לימינו בעץ.

○ כעת נוכל לחזור על הפעולה על תתי העץ עד שנשחזר את כל העץ.



PreOrder(x):

Print x.key

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

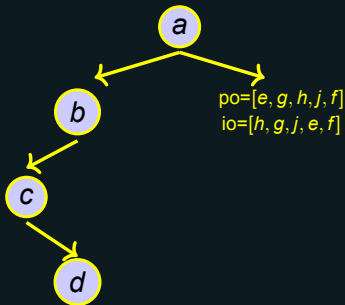
if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

להלן שתי סריקות של עץ חיפוש בינארי מסויים. שחזרו את העץ המקורי.

$a, b, c, d, e, g, h, j, f$:pre-order

$c, d, b, a, h, g, j, e, f$:in-order

רמז: העזרו ברקורסיה.



○ נשים לב ששורש העץ מופיע בתחילת סריקת pre-order.

○ ע"פ סריקת in-order כל האיברים שמימין לשורש חייבים להיות גם לימינו בעץ.

○ כעת נוכל לחזור על הפעולה על תתי העץ עד שנשחזר את כל העץ.



PreOrder(x):

Print x.key

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

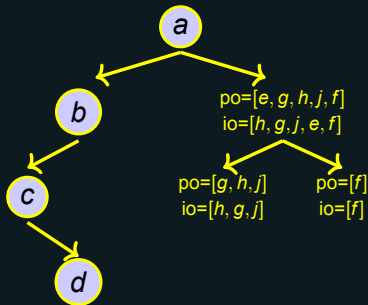
if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

להלן שתי סריקות של עץ חיפוש בינארי מסויים. שחזרו את העץ המקורי.

$a, b, c, d, e, g, h, j, f$:pre-order

$c, d, b, a, h, g, j, e, f$:in-order

רמז: העזרו ברקורסיה.



נשים לב ששורש העץ מופיע בתחילת סריקת pre-order.

ע"פ סריקת in-order כל האיברים שמימין לשורש חייבים להיות גם לימינו בעץ.

כעת נוכל לחזור על הפעולה על תתי העץ עד שנשחזר את כל העץ.



PreOrder(x):

Print x.key

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

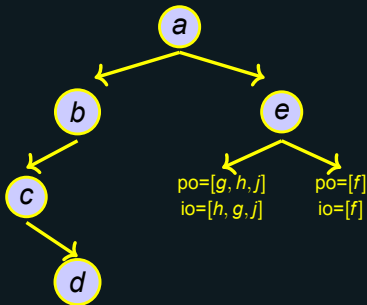
if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

להלן שתי סריקות של עץ חיפוש בינארי מסויים. שחזרו את העץ המקורי.

$a, b, c, d, e, g, h, j, f$:pre-order

$c, d, b, a, h, g, j, e, f$:in-order

רמז: העזרו ברקורסיה.



○ נשים לב ששורש העץ מופיע בתחילת סריקת pre-order.

○ ע"פ סריקת in-order כל האיברים שמימין לשורש חייבים להיות גם לימינו בעץ.

○ כעת נוכל לחזור על הפעולה על תתי העץ עד שנשחזר את כל העץ.



PreOrder(x):

Print x.key

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

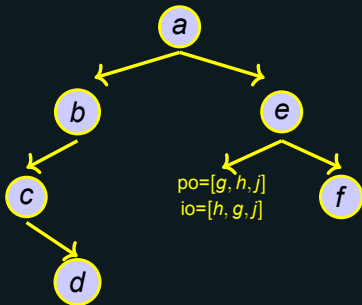
if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

להלן שתי סריקות של עץ חיפוש בינארי מסויים. שחזרו את העץ המקורי.

$a, b, c, d, e, g, h, j, f$:pre-order

$c, d, b, a, h, g, j, e, f$:in-order

רמז: העזרו ברקורסיה.



○ נשים לב ששורש העץ מופיע בתחילת סריקת pre-order.

○ ע"פ סריקת in-order כל האיברים שמימין לשורש חייבים להיות גם לימינו בעץ.

○ כעת נוכל לחזור על הפעולה על תתי העץ עד שנשחזר את כל העץ.



PreOrder(x):

Print x.key

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

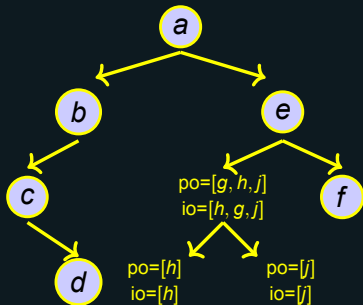
if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

להלן שתי סריקות של עץ חיפוש בינארי מסויים. שחזרו את העץ המקורי.

$a, b, c, d, e, g, h, j, f$:pre-order

$c, d, b, a, h, g, j, e, f$:in-order

רמז: העזרו ברקורסיה.



○ נשים לב ששורש העץ מופיע בתחילת סריקת pre-order.

○ ע"פ סריקת in-order כל האיברים שממין לשורש חייבים להיות גם לימיו בעץ.

○ כעת נוכל לחזור על הפעולה על תתי העץ עד שנשחזר את כל העץ.



PreOrder(x):

Print x.key

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

InOrder(x):

if $x.\text{left} \neq \emptyset$ then InOrder(x.left)

Print x.key

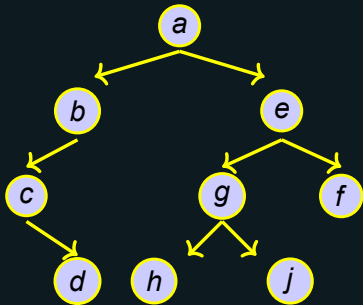
if $x.\text{right} \neq \emptyset$ then InOrder(x.right)

להלן שתי סריקות של עץ חיפוש בינארי מסויים. שחזרו את העץ המקורי.

$a, b, c, d, e, g, h, j, f$:pre-order

$c, d, b, a, h, g, j, e, f$:in-order

רמז: העזרו ברקורסיה.



○ נשים לב ששורש העץ מופיע בתחילת סריקת pre-order.

○ ע"פ סריקת in-order כל האיברים שממין לשורש חייבים להיות גם לימינו בעץ.

○ כעת נוכל לחזור על הפעולה על תתי העץ עד שנשחזר את כל העץ.



PreOrder(x):

Print x.key

if x.left $\neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if x.right $\neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

PostOrder(x):

if x.left $\neq \emptyset$ then PostOrder(x.left)

if x.right $\neq \emptyset$ then PostOrder(x.right)

Print x.key

הוכיחו / הפריכו את הטענה כי ניתן לשחזר עץ בהינתן סריקות
pre-order ו post-order.



PreOrder(x):

Print x.key

if x.left $\neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if x.right $\neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

הוכיחו / הפריכו את הטענה כי ניתן לשחזר עץ בהינתן סריקות
pre-order ו post-order.

PostOrder(x):

if x.left $\neq \emptyset$ then PostOrder(x.left)

if x.right $\neq \emptyset$ then PostOrder(x.right)

Print x.key

הטענה לא נכונה, נפריך באמצעות דוגמה.



PreOrder(x):

Print x.key

if x.left $\neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if x.right $\neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

PostOrder(x):

if x.left $\neq \emptyset$ then PostOrder(x.left)

if x.right $\neq \emptyset$ then PostOrder(x.right)

Print x.key

הוכיחו / הפריכו את הטענה כי ניתן לשחזר עץ בהינתן סריקות
post-order ו pre-order.

הטענה לא נכונה, נפריך באמצעות דוגמה.

בהנתן הסריקות:

a,b = pre-order

b,a = post-order



PreOrder(x):

Print x.key

if x.left $\neq \emptyset$ then PreOrder(x.left)

if x.right $\neq \emptyset$ then PreOrder(x.right)

הוכיחו / הפריכו את הטענה כי ניתן לשחזר עץ בהינתן סריקות
pre-order ו post-order.

PostOrder(x):

if x.left $\neq \emptyset$ then PostOrder(x.left)

if x.right $\neq \emptyset$ then PostOrder(x.right)

Print x.key

הטענה לא נכונה, נפריך באמצעות דוגמה.

בהנתן הסריקות:

a,b = pre-order

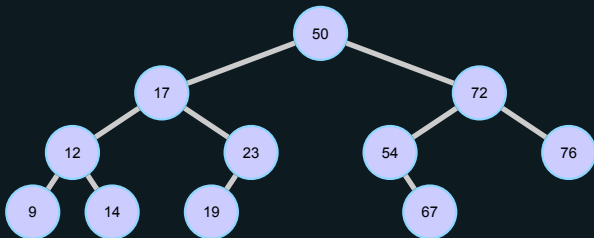
b,a = post-order

לא ניתן לדעת אם b הוא בן ימני או בן שמאלי של a .

לפיכך קיימים שני עצים שונים שיתאימו לאותן סריקות ולא ניתן להבחין
ביניהם בעזרתן.



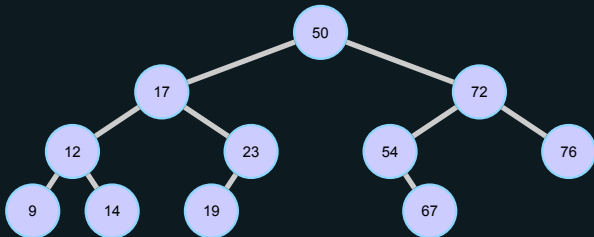
נתון עץ חיפוש בינארי אשר בכל צומת שלו מתועד גם מצביע לאב (p). כתבו תוכנית המקבלת עץ וצומת m המחזירה את הצומת העוקב (הצומת בעל המפתח הקטן ביותר הגדול מהמפתח של m). מה הסיבוכיות של התוכנית?





נתון עץ חיפוש בינארי אשר בכל צומת שלו מתועד גם מצביע לאב (p). כתבו תוכנית המקבלת עץ וצומת m המחזירה את הצומת העוקב (הצומת בעל המפתח הקטן ביותר הגדול מהמפתח של m). מה הסיבוכיות של התוכנית?

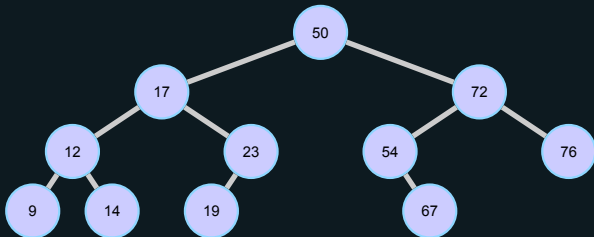
1. אם יש לצומת בן ימני, הצומת העוקב יהיה הקטן ביותר בתת העץ הימני. נשתמש בתרגיל 1.





נתון עץ חיפוש בינארי אשר בכל צומת שלו מתועד גם מצביע לאב (p). כתבו תוכנית המקבלת עץ וצומת m המחזירה את הצומת העוקב (הצומת בעל המפתח הקטן ביותר הגדול מהמפתח של m). מה הסיבוכיות של התוכנית?

1. אם יש לצומת בן ימני, הצומת העוקב יהיה הקטן ביותר בתת העץ הימני. נשתמש בתרגיל 1.
2. אם אין לצומת בן ימני אז הצומת העוקב יהיה האב הקדמון הצעיר ביותר של m שהבן השמאלי שלו הוא גם אב קדמון של m . נעלה אם כן במעלה העץ עד שהתנאי יתקיים.



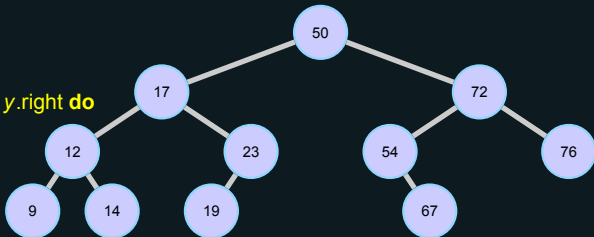


נתון עץ חיפוש בינארי אשר בכל צומת שלו מתועד גם מצביע לאב (p). כתבו תוכנית המקבלת עץ וצומת m המחזירה את הצומת העוקב (הצומת בעל המפתח הקטן ביותר הגדול מהמפתח של m). מה הסיבוכיות של התוכנית?

1. אם יש לצומת בן ימני, הצומת העוקב יהיה הקטן ביותר בתת העץ הימני. נשתמש בתרגיל 1.
2. אם אין לצומת בן ימני אז הצומת העוקב יהיה האב הקדמון הצעיר ביותר של m שהבן השמאלי שלו הוא גם אב קדמון של m . נעלה אם כן במעלה העץ עד שהתנאי יתקיים.
3. אם התנאי לא התקיים הגענו מימין ולכן התחלנו באיבר המקסימלי, כלומר אין צומת עוקב.

Successor(m):

```
if  $x.right \neq \emptyset$  then
    return Min( $x.right$ )
else
     $y = m.p$ 
    while  $y \neq \emptyset$  and  $m = y.right$  do
         $m = y$ 
         $y = m.p$ 
    if  $m = y.left$  then
        return  $y.key$ 
    else
        return  $\emptyset$ 
```





נתון עץ חיפוש בינארי אשר בכל צומת שלו מתועד גם מצביע לאב (p). כתבו תוכנית המקבלת עץ וצומת m המחזירה את הצומת העוקב (הצומת בעל המפתח הקטן ביותר הגדול מהמפתח של m). מה הסיבוכיות של התוכנית?

1. אם יש לצומת בן ימני, הצומת העוקב יהיה הקטן ביותר בתת העץ הימני. נשתמש בתרגיל 1.
2. אם אין לצומת בן ימני אז הצומת העוקב יהיה האב הקדמון הצעיר ביותר של m שהבן השמאלי שלו הוא גם אב קדמון של m . נעלה אם כן במעלה העץ עד שהתנאי יתקיים.
3. אם התנאי לא התקיים הגענו מימין ולכן התחלנו באיבר המקסימלי, כלומר אין צומת עוקב.

Successor(m):

```
if  $x.right \neq \emptyset$  then  
    return Min( $x.right$ )
```

```
else
```

```
     $y = m.p$ 
```

```
    while  $y \neq \emptyset$  and  $m = y.right$  do
```

```
         $m = y$ 
```

```
         $y = m.p$ 
```

```
    if  $m = y.left$  then
```

```
        return  $y.key$ 
```

```
    else
```

```
        return  $\emptyset$ 
```

זמן הריצה $\mathcal{O}(\text{height})$

