Trường: **ĐH CNTP TP.HCM** Khoa: **Công nghệ thông tin** Bộ môn: **Công nghệ phần mềm.** Môn học: **TH Cấu trúc dữ liệu & giải thuật**	**BÀI 8.** **CÂY NHIỀU NHÁNH** **(B-Tree)**	

A. MỤC TIÊU:

- Hiểu được cấu trúc dữ liệu động.
- Lập trình và vận dụng được cấu trúc dữ liệu cây nhiều nhánh B-Tree vào từng bài toán cụ thể.
- Làm được các bài tập áp dụng cây nhiều nhánh B-Tree.

B. DỤNG CỤ - THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM CHO MỘT SV:

STT	Chủng loại – Quy cách vật tư	Số lượng	Đơn vị	Ghi chú
1	Computer	1	1	

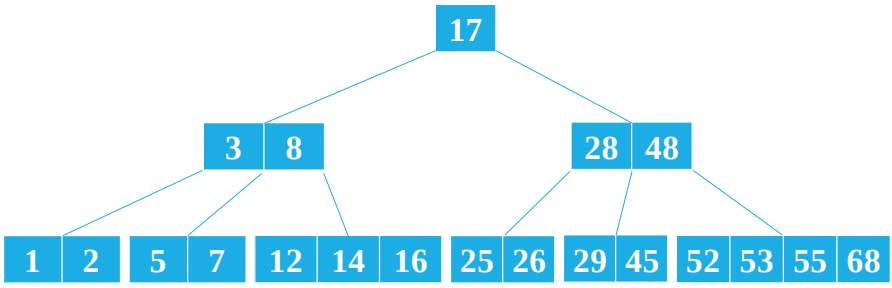
C. NỘI DUNG THỰC HÀNH

I. Tóm tắt lý thuyết

1. Khái niệm cây nhiều nhánh

Cây nhiều nhánh M-Phân là một cây tìm kiếm tự cân bằng thỏa các điều kiện sau:

- Mỗi node có tối đa M node con (*cây con*).
- Một cây M-Phân đầy đủ có chiều cao $log_M N$.
- Mỗi node có tối đa **M** cây con, và có **M-1** khóa.
- Các khóa trong mỗi node (cây con) được sắp xếp tăng.
- Các khóa trong cây con thứ i đều nhỏ hơn khóa i.
- Các khóa trong cây con thứ (i+1) đều lớn hơn khóa i.



Cây M-Phân tìm kiếm có các tính chất sau:

- Tất cả node lá có cùng mức.
- Tất cả các node trung gian (*trừ node gốc*) có nhiềunhất M cây con và có ít nhất M/2 cây con (khác rỗng).
- Mỗi node hoặc là node lá hoặc có k+1 cây con (k là số khoá của node này).
- Node gốc có nhiều nhất M cây con hoặc có thể có 2 cây con (Node gốc có 1 khoá và không phải là node lá) hoặc không chứa cây con nào (Node gốc có 1 khoá và cũng là node lá).
- Tại thời điểm chèn một nút đầy đủ, cây chia thành hai phần và khóa có giá trị trung bình được chèn tại nút cha.
- Hoạt động hợp nhất diễn ra khi các nút bị xóa.

2. Cấu trúc của một nút

Mỗi nút của cây nhiều nhánh M-phân gồm ba thành phần:

- Số lượng khóa có trong nút: **numTree**.
- Một mảng chứa các khóa: **Keys**.
- Một mảng có M con trỏ đến các nút con (cây con): **Branch**.

3. Các thao tác trên cây nhiều nhánh

a. Khai báo

```
#define M 5 /* Cây M-Phân */
typedef int ItemType;
struct BNode {
    int numTree; /* numTree < M (Số khóa trong nút
sẽ luôn ít hơn M của cây B) */
    ItemType Keys[M - 1]; /*Mảng chứa các khóa*/
    BNode* Branch[M]; /* numTree + 1 (M con trỏ sẽ
được sử dụng) */
};
struct BTree {
    BNode* Root; /* Con trỏ quản lý node gốc */
```

```
};
typedef BNode* NodePtr; /* Kiểu dữ liệu con trỏ node
*/
```

b. Khởi tạo cây rỗng

```
/* Initalize BTree */
void initBTree(BTree &bt)
{
    bt.Root = NULL;
}
```

c. Duyệt cây để xem nội dung

```
void displayBTree(NodePtr pRoot, int blanks) {
    if (pRoot) {
        int i;
        for (i = 1; i <= blanks; i++)
            printf(" ");
        for (i = 0; i < pRoot->numTree; i++)
            printf("%d ", pRoot->Keys[i]);
        printf("\n");
        for (i = 0; i <= pRoot->numTree; i++)
            displayBTree(pRoot->Branch[i], blanks+10);
    }/*End of if*/
}/*End of displayBTree()*/
```

d. Tìm vị trí của một nút có chứa giá trị đã cho

```
int searchPosition(ItemType key, ItemType *keyArray,
int numTree) {
   int pos = 0;
   while (pos < numTree && key > keyArray[pos])
      pos++;
   return pos;
}/*End of searchPosition()*/
```

e. Thêm nút vào cây

```
void insert(NodePtr &root, ItemType key) {
   NodePtr newNode;
   ItemType upKey;
```

```
    KeyStatus result;
    result = insertNode(root, key, &upKey, &newNode);
    if (result == Duplicate)
        printf("Key already available\n");
    if (result == InsertIt)
    {
        NodePtr upRoot = root;
        //root = (BNode*)malloc(sizeof(BNode));
        root = new BNode;
        root->numTree = 1;
        root->Keys[0] = upKey;
        root->Branch[0] = upRoot;
        root->Branch[1] = newNode;
    }/*End of if */
}/*End of insert()*/

KeyStatus insertNode(NodePtr pCurrent, ItemType key,
ItemType *upKey, NodePtr* newNode) {
    NodePtr newPtr, lastPtr;
    int pos, i, numTree, splitPos;
    ItemType newKey, lastKey;
    KeyStatus result;
    if (pCurrent == NULL)
    {
        *newNode = NULL;
        *upKey = key;
        return InsertIt;
    }
    numTree = pCurrent->numTree;
    pos = searchPosition(key, pCurrent->Keys, numTree);
    if (pos < numTree && key == pCurrent->Keys[pos])
        return Duplicate;
    result = insertNode(pCurrent->Branch[pos], key,
&newKey, &newPtr);
    if (result != InsertIt)
        return result;
```

```
    /*If Keys in node is less than M-1 where M is order of
B tree*/
    if (numTree < M - 1)
    {
        pos = searchPosition(newKey, pCurrent->Keys,
numTree);
        /*Shifting the key and pointer right for inserting
the new key*/
        for (i = numTree; i > pos; i--)
        {
            pCurrent->Keys[i] = pCurrent->Keys[i - 1];
            pCurrent->Branch[i + 1] = pCurrent->Branch[i];
        }
        /*Key is inserted at exact location*/
        pCurrent->Keys[pos] = newKey;
        pCurrent->Branch[pos + 1] = newPtr;
        ++pCurrent->numTree; /*incrementing the number of
Keys in node*/
        return Success;
    }/*End of if */
    /*If Keys in nodes are maximum and position of node to
be inserted is last*/
    if (pos == M - 1)
    {
        lastKey = newKey;
        lastPtr = newPtr;
    }
    else /*If Keys in node are maximum and position of
node to be inserted is not last*/
    {
        lastKey = pCurrent->Keys[M - 2];
        lastPtr = pCurrent->Branch[M - 1];
        for (i = M - 2; i > pos; i--)
        {
            pCurrent->Keys[i] = pCurrent->Keys[i - 1];
            pCurrent->Branch[i + 1] = pCurrent->Branch[i];
        }
        pCurrent->Keys[pos] = newKey;
        pCurrent->Branch[pos + 1] = newPtr;
```

```
    }
    splitPos = (M - 1) / 2;
    (*upKey) = pCurrent->Keys[splitPos];

    (*newNode) = new BNode;/*Right node after split*/
    pCurrent->numTree = splitPos; /*No. of Keys for left
splitted node*/
    (*newNode)->numTree = M - 1 - splitPos; /*No. of Keys
for right splitted node*/
    for (i = 0; i < (*newNode)->numTree; i++)
    {
        (*newNode)->Branch[i] = pCurrent->Branch[i +
splitPos + 1];
        if (i < (*newNode)->numTree - 1)
            (*newNode)->Keys[i] = pCurrent->Keys[i +
splitPos + 1];
        else
            (*newNode)->Keys[i] = lastKey;
    }
    (*newNode)->Branch[(*newNode)->numTree] = lastPtr;
    return InsertIt;
}/*End of insertNode()*/
```

f. Xóa một nút bất kỳ

```
void deleteNode(NodePtr &root, ItemType key) {
    NodePtr upRoot;
    KeyStatus result;
    result = remove(root, root, key);
    switch (result)
    {
        case SearchFailure:
            printf("Key %d is not available\n", key);
            break;
        case LessKeys:
            upRoot = root;
            root = root->Branch[0];
            free(upRoot);
```

```
            printf("\nBtree after removing the %d
value:\n", key);
            displayBTree(root, 0);
            break;
        case Success:
            printf("\nBtree after removing the %d
value:\n", key);
            displayBTree(root, 0);
            break;
    }/*End of switch*/
}/*End of delnode()*/

KeyStatus remove(NodePtr &root, NodePtr pCurrent,
ItemType key) {
    int pos, i, pivot, numTree, min;
    ItemType *keyArray;
    KeyStatus result;
    NodePtr *Branch, leftPtr, rightPtr;

    if (pCurrent == NULL)
        return SearchFailure;
    /*Assigns values of node*/
    numTree = pCurrent->numTree;
    keyArray = pCurrent->Keys;
    Branch = pCurrent->Branch;
    min = (M - 1) / 2;/*Minimum number of Keys*/

    pos = searchPosition(key, keyArray, numTree);
    if (Branch[0] == NULL)
    {
        if (pos == numTree || key < keyArray[pos])
            return SearchFailure;
        /*Shift Keys and pointers left*/
        for (i = pos + 1; i < numTree; i++)
        {
            keyArray[i - 1] = keyArray[i];
            Branch[i] = Branch[i + 1];
```

```
        }
        return --pCurrent->numTree >= (pCurrent == root ?
1 : min) ? Success : LessKeys;
    }/*End of if */

    if (pos < numTree && key == keyArray[pos])
    {
        NodePtr qp = Branch[pos], qp1;
        ItemType nkey;
        while (1)
        {
            nkey = qp->numTree;
            qp1 = qp->Branch[nkey];
            if (qp1 == NULL)
                break;
            qp = qp1;
        }/*End of while*/
        keyArray[pos] = qp->Keys[nkey - 1];
        qp->Keys[nkey - 1] = key;
    }/*End of if */
    result = remove(root, Branch[pos], key);
    if (result != LessKeys)
        return result;

    if (pos > 0 && Branch[pos - 1]->numTree > min)
    {
        pivot = pos - 1; /*pivot for left and right node*/
        leftPtr = Branch[pivot];
        rightPtr = Branch[pos];
        /*Assigns values for right node*/
        rightPtr->Branch[rightPtr->numTree + 1] =
rightPtr->Branch[rightPtr->numTree];
        for (i = rightPtr->numTree; i > 0; i--)
        {
            rightPtr->Keys[i] = rightPtr->Keys[i - 1];
            rightPtr->Branch[i] = rightPtr->Branch[i - 1];
        }
        rightPtr->numTree++;
```

```
        rightPtr->Keys[0] = keyArray[pivot];
        rightPtr->Branch[0] = leftPtr->Branch[leftPtr-
>numTree];
        keyArray[pivot] = leftPtr->Keys[--leftPtr-
>numTree];
        return Success;
    }/*End of if */
    if (pos < numTree && Branch[pos + 1]->numTree > min)
    {
        pivot = pos; /*pivot for left and right node*/
        leftPtr = Branch[pivot];
        rightPtr = Branch[pivot + 1];
        /*Assigns values for left node*/
        leftPtr->Keys[leftPtr->numTree] = keyArray[pivot];
        leftPtr->Branch[leftPtr->numTree + 1] = rightPtr-
>Branch[0];
        keyArray[pivot] = rightPtr->Keys[0];
        leftPtr->numTree++;
        rightPtr->numTree--;
        for (i = 0; i < rightPtr->numTree; i++)
        {
            rightPtr->Keys[i] = rightPtr->Keys[i + 1];
            rightPtr->Branch[i] = rightPtr->Branch[i + 1];
        }/*End of for*/
        rightPtr->Branch[rightPtr->numTree] = rightPtr-
>Branch[rightPtr->numTree + 1];
        return Success;
    }/*End of if */

    if (pos == numTree)
        pivot = pos - 1;
    else
        pivot = pos;

    leftPtr = Branch[pivot];
    rightPtr = Branch[pivot + 1];
    /*merge right node with left node*/
    leftPtr->Keys[leftPtr->numTree] = keyArray[pivot];
```

```
    leftPtr->Branch[leftPtr->numTree + 1] = rightPtr-
>Branch[0];
    for (i = 0; i < rightPtr->numTree; i++)
    {
        leftPtr->Keys[leftPtr->numTree + 1 + i] =
rightPtr->Keys[i];
        leftPtr->Branch[leftPtr->numTree + 2 + i] =
rightPtr->Branch[i + 1];
    }
    leftPtr->numTree = leftPtr->numTree + rightPtr-
>numTree + 1;
    free(rightPtr); /*Remove right node*/
    for (i = pos + 1; i < numTree; i++)
    {
        keyArray[i - 1] = keyArray[i];
        Branch[i] = Branch[i + 1];
    }
    return --pCurrent->numTree >= (pCurrent == root ? 1 :
min) ? Success : LessKeys;
}/*End of remove()*/
```

g. Tìm kiếm một nút có chứa giá trị đã cho

```
NodePtr searchNode(NodePtr root, ItemType key) {
    int pos, numTree;
    NodePtr pCurrent = root;
    while (pCurrent)
    {
        numTree = pCurrent->numTree;
        pos = searchPosition(key, pCurrent->Keys,
numTree);
        if (pos < numTree && key == pCurrent-
>Keys[pos])
        {
            return pCurrent;
        }
        pCurrent = pCurrent->Branch[pos];
    }
    return NULL;
```

```
}/*End of searchNode()*/

void search(NodePtr root, ItemType key)
{
   int pos, i, numTree;
   NodePtr pCurrent = root;
   printf("Search path:\n");
   while (pCurrent)
   {
       numTree = pCurrent->numTree;
       for (i = 0; i < pCurrent->numTree; i++)
           printf(" %d", pCurrent->Keys[i]);
       printf("\n");
       pos = searchPosition(key, pCurrent->Keys,
numTree);
       if (pos < numTree && key == pCurrent-
>Keys[pos])
       {
           printf("Key %d found in position %d of
last dispalyed node\n", key, pos);
           return;
       }
       pCurrent = pCurrent->Branch[pos];
   }
   printf("Key %d is not available\n", key);
}/*End of search()*/
```

II. Bài tập hướng dẫn mẫu

Bài 1. Viết chương trình quản lý các số nguyên bằng Cây nhiều nhánh (*Cây M-Phân*)?

- ***Bước 1:*** Tạo một Project mới.
- ***Bước 2:*** Add vào project 2 file sau: **BTree.h**, **BTree.cpp**
- ***Bước 3:*** Chạy thử chương trình và kiểm tra kết quả thực hiện.

III. Bài tập ở lớp

Bài 2. Dựa vào Bài tập mẫu 1. Hãy hoàn thiện chương trình với những

chức năng sau:

a. Bổ sung dạng menu cho chương trình.
b. Tạo lại cây từ một mảng **a** có ít nhất 50 số nguyên.
c. Tạo lại cây bằng cách đọc dữ liệu từ 1 file text.
d. Thêm một vài phần tử là các số nguyên bất kỳ, và quan sát sự thay đổi của cây (*tách và gộp các nút*).
e. Xóa một vài phần tử bất kỳ của cây, và quan sát sự thay đổi của cây (*tách và gộp các nút*).
f. Tìm kiếm một vài giá trị để kiểm tra có tồn tại trên cây hay không?
g. Xuất ra các nút chứa ít giá trị nhất.
h. Xuất ra các nút chứa nhiều giá trị nhất.
i. Đếm số nút chứa toàn giá trị là các số nguyên tố.
j. Tính tổng giá trị các nút trên cây.

Bài 3. Cho cây M-Phân mà mỗi nút chứa M-1 phân số. Hãy viết chương trình để thực hiện những chức năng sau:

a. Tạo menu của chương trình.
b. Tạo cây từ một mảng a có ít nhất 30 phân số.
c. Duyệt cây và quan sát kết quả.
d. Thêm 1 vài phân số bất kỳ vào cây.
e. Tìm kiếm 1 phân số **p** có trên cây hay không?
f. Xóa một phân số **p** trên cây (*phân số* ***p*** *nhập từ bàn phím*).
g. Xóa những phân số có giá trị >2.
h. Xóa những phân số có mẫu số là số nguyên tố.
i. Đếm số lượng phân số có tử số lớn hơn mẫu số.
j. Xóa toàn bộ cây.

VI. Bài tập về nhà

Bài 4. Tiếp theo Bài tập 3. Hãy bổ sung thêm những chức năng sau:

a. Liệt kê các phân số có tử số nhỏ hơn mẫu số.
b. Đếm có bao nhiêu phân số có mẫu số là số chẵn.

c. Liệt kê các phân số có tử số và mẫu số đồng thời là số hoàn thiện.

Bài 5. Cây M-Phân lưu trữ dữ liệu là một từ điển Anh-Việt (Mỗi phần tử trong nút có dữ liệu gồm 2 trường: ***word*** là khóa chứa một từ tiếng anh, ***mean*** là nghĩa tiếng Việt). Hãy xây dựng cây từ điển M-Phân với những chức năng sau:

a. Xây dựng chương trình dạng menu.
b. Tạo cây từ 1 file text lưu từ điển Anh-Việt.
c. Duyệt cây để xem nội dung.
d. Tra cứu nghĩa của 1 từ bất kỳ.
e. Thêm một từ bất kỳ vào cây, duyệt lại cây để xem kết quả.
f. Xóa một từ bất kỳ khỏi cây, duyệt lại cây để xem kết quả.
g. Bổ sung hay chỉnh sửa nghĩa của 1 từ bất kỳ.
h. Cho biết số lượng từ của từ điển.
i. Xóa toàn bộ cây.

-- HẾT --