1. Một số thuật toán tìm kiếm thông dụng

Tìm kiếm là lĩnh vực quan trọng của khoa học máy tính có mặt trong hầu hết các ứng dụng trên máy tính. Các thuật toán tìm kiếm được chia thành ba loại: tìm kiếm trên các đối tượng dữ liệu chưa được sắp xếp (tìm kiếm tuyến tính), tìm kiếm trên các đối tượng dữ liệu đã được sắp xếp (tìm kiếm nhị phân) và tìm kiếm xấp xỉ. Nội dung cụ thể của các phương pháp được thể hiện như dưới đây.

1.1 Thuật toán tìm kiếm tuyến tính (Sequential Search)

Thuật toán tìm kiếm tuyến tính áp dụng cho tất cả các đối tượng dữ liệu chưa được sắp xếp. Để tìm vị trí của *x* trong dãy A[] gồm *n* phần tử, ta chỉ cần duyệt tuần tự trên dãy A[] từ phần tử đầu tiên đến phần tử cuối cùng. Nếu *x* = A[*i*] thì *i* chính là vị trí của *x* thuộc dãy A[]. Nếu duyệt đến phần tử cuối cùng vẫn chưa tìm thấy *x* ta kết luận *x* không có mặt trong dãy số A[]. Thuật toán được mô tả chi tiết trong Hình 3.9.

1.1.1 Biểu diễn thuật toán

```
int Sequential-Search( int A[], int n, int x) {
        for (int i = 0; i < n; i++ ) {//duyệt trên dãy số A[n]
                if ( x == A[i] ) //nếu điều này xảy ra
                                        return (i); //i chính là vị
                                trí của x trong dãy A[]
```

Hình 3.9. Thuật toán Sequential-Search.

1.1.2 Độ phức tạp thuật toán

Độ phức tạp thuật toán là O(n), với n là số lượng phần tử trong dãy A[].

1.1.3 Kiểm nghiệm thuật toán

Ví dụ ta cần tìm x = 9 trong dãy A[] = {56, 3, 249, 518, 7, 26, 94, 651, 23, 9 }.

Khi đó quá trình tìm kiếm được thể hiện như dưới đây.

56	3	249	518	7	26	94	651	23	9
56	**3**	249	518	7	26	94	651	23	9
56	3	**249**	518	7	26	94	651	23	9
56	3	249	**518**	7	26	94	651	23	9
56	3	249	518	**7**	26	94	651	23	9
56	3	249	518	7	**26**	94	651	23	9
56	3	249	518	7	26	**94**	651	23	9
56	3	249	518	7	26	94	**651**	23	9
56	3	249	518	7	26	94	651	**23**	9
56	3	249	518	7	26	94	651	23	**9**

1.1.4 Cài đặt thuật toán

```
#include <iostream>
using namespace std;
int Sequential_Search( int A[], int n, int x){
        for(int i=0; i<n; i++){
                if ( x == A[i])
                  return i;
        }
        return -1;
}
int main(void){
        int A[] = {9, 7, 12, 8, 6, 5};
        int x = 15, n =
        sizeof(A)/sizeof(A[0]); int t =
        Sequential_Search(A,n,x);
        if(t>=0)cout<<"\n Vị trí của x:"<<t;
        else cout<<"\n Không tìm thấy x";
}
```

1.2 Thuật toán tìm kiếm nhị phân

Thuật toán tìm kiếm nhị phân là phương pháp định vị phần tử *x* trong một danh sách A[] gồm n phần tử đã được sắp xếp. Quá trình tìm kiếm bắt đầu bằng việc chia danh sách thành hai phần. Sau đó, so sách x với phần từ ở giữa. Khi đó có 3 trường hợp có thể xảy ra:

Trường hợp 1: nếu x bằng phần tử ở giữa A[mid], thì mid chính là vị trí của x

trong danh sách A[].

Trường hợp 2: Nếu x lớn hơn phần tử ở giữa thì nếu x có mặt trọng dãy A[] thì ta chỉ cần tìm các phần tử từ mid+1 đến vị trí thứ n.

Trường hợp 3: Nếu x nhỏ hơn A[mid] thì x chỉ có thể ở dãy con bên trái của dãy A[].

Lặp lại quá trình trên cho đến khi cận dưới vượt cận trên của dãy A[] mà vẫn chưa tìm thấy *x* thì ta kết luận *x* không có mặt trong dãy A[]. Thuật toán được mô tả chi tiết trong Hình 3.10.

1.2.1 Biểu diễn thuật toán

```
int Binary-Search( int A[], int n, int x) {//tìm vị trí của x trong dãy A[]
        int  low = 0;//cận dưới của dãy khóa
        int  hight = n-1;//cận trên của dãy khóa
        int  mid = (low+hight)/2; //phần tử ở giữa
        while ( low <=hight) { //lặp trong khi cận dưới vẫn nhỏ hơn cận trên
                if ( x > A[mid] ) //nếu x lớn hơn phần tử ở giữa
                        low = mid + 1; //cận dưới được đặt lên vị trí mid +1
                els if ( x < A[i] )
                        hight = mid -1;//cận trên lùi về vị trí mid-1
                else
                        return(mide); //đây chính là vị trí của x
                mid = (low + hight)/2; //xác định lại phần tử ở giữa
        }
        return(-1); //không thấy x trong dãy khóa A[].
}
```

Hình 3.10. Thuật toán Binary-Search

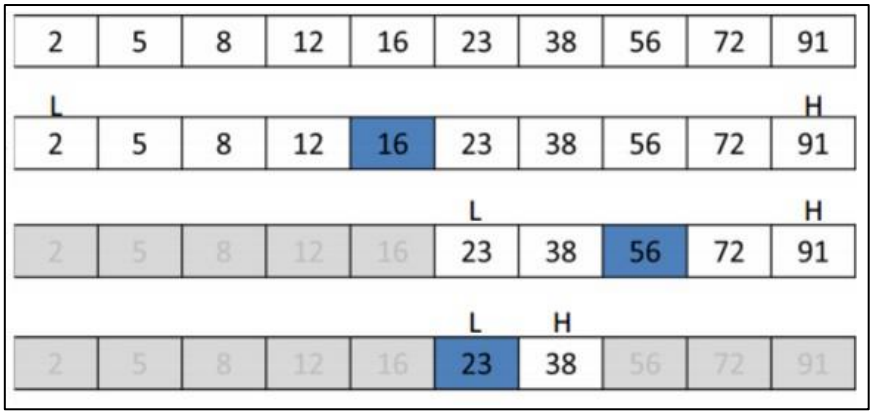
1.2.2 Độ phức tạp thuật toán

Độ phức tạp thuật toán là O(log(n)), với n là số lượng phần tử của dãy A[].

1.2.3 Kiểm nghiệm thuật toán

Ví dụ ta cần tìm x = 23 trong dãy A[] = {2, 5, 8, 12, 16, 23, 38, 56, 72, 91}.

Khi đó quá trình được tiến hành như dưới đây.



1.2.4 Cài đặt thuật toán

```
#include <iostream>
using namespace std;
int Binary_Search( int A[], int n, int x) {//tìm vị trí của x trong dãy A[]
        int low = 0;//cận dưới của dãy khóa
        int hight = n-1; //cận trên của dãy khóa
        int mid = (low+hight)/2; //vị trí phần tử ở giữa
        while ( low <=hight) { //lặp trong khi cận dưới nhỏ hơn cận trên
            if ( x > A[mid] ) //nếu x lớn hơn phần tử ở giữa
            low = mid + 1; //cận dưới dịch lên vị trí mid +1
          else if ( x < A[mid] ) //nếu x nhỏ hơn phần tử ở giữa
                hight = mid -1; //cận trên dịch xuống vị trí mid -1
            else
                return(mid); //đây chính là vị trí của x
            mid = (low + hight)/2; //xác định lại vị trí ở giữa
        }
        return(-1); //không tìm thấy x trong A[].
}
int main(void){
        int A[] = {2, 5, 8, 12, 16, 23, 38, 56, 72, 91};
        int x = 91, n =
        sizeof(A)/sizeof(A[0]); int t =
        Binary_Search(A,n,x);
        if(t>=0)cout<<"\n Vị trí của x:"<<t;
        else cout<<"\n không tìm thấy x";
```

}

1.3 Thuật toán tìm kiếm nội suy

Thuật toán tìm kiếm kiểu nội suy (interpolation search) là cải tiến của thuật toán tìm kiếm nhị phân. Thuật toán tìm kiếm nhị phân luôn thực hiện so sánh khóa với phần tử ở giữa. Trong đó, thuật toán tìm kiếm nội suy định vị giá trị so sánh tùy thuộc vào giá trị của khóa cần tìm. Bằng cách này, giá trị của khóa cần tìm kiếm dù ở đầu dãy, cuối dãy hay vị trí bất kỳ thuật toán đều tìm được vị trí gần nhất để thực hiện so sánh. Thuật toán được mô tả chi tiết trong Hình 3.11.

1.3.1 Biểu diễn thuật toán

```
int Interpolation-Search(int A[], int x, int n){
        int low = 0,high = n – 1, mid;
        while ( A[low] <= x  &&  A[high] >= x){
                if (A[high] - A[low] == 0)   return (low + high)/2;
                mid = low + ((x - A[low]) * (high - low)) / (A[high] - A[low]);
                if (A[mid] < x) low = mid + 1;
                else if (A[mid] > x)  high = mid - 1;
                else    return mid;
        }
        if (A[low] == x)
                return low;
        return -1;
}
```

Hình 3.11. Thuật toán Interpolation-Search

1.3.2 Độ phức tạp thuật toán

Độ phức tạp trung bình của thuật toán tìm kiếm nội suy là O(log(n)), với n là số lượng phần tử của dãy A[]. Trong trường hợp xấu nhất, thuật toán có độ phức tạp là O(n).

1.3.3 Kiểm nghiệm thuật toán

Bạn đọc tự tìm hiểu phương pháp kiểm nghiệm thuật toán tìm kiếm nội suy trong các tài liệu liên quan.

1.3.4 Cài đặt thuật toán

```
#include <iostream>
using namespace std;
int interpolationSearch(int A[], int n, int x){//thuật toán tìm kiếm nội suy
        int L = 0, H = (n - 1);//cận dưới và cận trên của dãy
```

```
        if (x < A[L] || x > A[H])//nếu điều này xảy ra
            return -1; //chắc chắn x không có mặt trong dãy A[]
        while (L <= H){//lặp trong khi cận dưới bé hơn cận trên
            int pos = L + (((H-L) /(A[H]-A[L]))*(x - A[L])); //xác định vị trí
            if (A[pos] == x)//nếu vị trí đúng là x
                return pos; //đây là vị trí cần tìm
            if (A[pos] < x)//nếu x lớn hơn A[pos]
                L = pos + 1; //dịch cận dưới lên 1
            else //nếu x bé hơn A[pos]
                H = pos - 1; //giảm cận trên đi 1
        }
        return -1; //kết luận không tìm thấy
    }
    int main(){
        int A[] = {10, 12, 13, 16, 31, 33, 35, 42, 47};
        int n =
        sizeof(A)/sizeof(A[0]); int x
        = 42; //phần tử cần tìm
        int index = interpolationSearch(A, n,
        x); if (index != -1)//nếu tìm thấy x
            cout<<"Vị trí:"<<index;
        else
            cout<<"Không tìm thấy x";
    }
```

1.4 Thuật toán tìm kiếm Jumping

Thuật toán tìm kiếm Jumping được thực hiện bằng cách so sánh phần tử cần tìm với bước nhảy là một hàm mũ. Nếu khóa cần tìm lớn hơn phần tử tại bước nhảy ta nhảy tiếp một khoảng cũng là một hàm mũ. Trong trường hợp, khóa cần tìm nhỏ hơn phần tử tại bước nhảy, ta quay lại bước trước đó và thực hiện phép tìm kiếm tuyến tính thuần túy. Thuật toán được mô tả chi tiết trong Hình 3.12.

1.4.1 Biểu diễn thuật toán

```
int JumpSearch(int A[], int n, int x){ //thuật toán Jumping Search
        int step = (int) sqrt(n); //xác định bước nhảy
        int prev = 0; //giá trị khởi đầu bước nhảy trước
        int r = min(step,n)-1;//vị trí cần so sánh
        while (A[r]<x) {// lặp nếu x lớn hơn phần tử vị trí r
                prev = step; //lưu lại giá trị bước nhảy trước
                step += (int)sqrt(n);//tăng bước nhảy thêm khoảng căn bậc 2
                if (prev >= n) //nếu điều này xảy ra
                        return -1; //chắc chắn x không có trong dãy A[]
                r = min(step,n)-1; //tính toán lại vị trí cần so sánh
        }
        while (A[prev] < x){//thực hiện tìm kiếm tuyến tính thông thường
                prev++;
                if (prev == min(step, n))
                        return -1;
        }
        if (A[prev] == x) //nếu tìm thấy x
                return prev;
        return -1;//không tìm thấy x
}
```

Hình 3.12. Thuật toán Jumping Search.

1.4.2 Độ phức tạp thuật toán

Độ phức tạp thuật toán trong trường hợp tốt, xấu nhất là $O(\sqrt{n})$. Trường hợp tốt nhất là O(log(n)), với n là số lượng phần tử của dãy A[].

1.4.3 Kiểm nghiệm thuật toán

Giả sử ta cần tìm vị trí của x = 55 trong dãy số A[] = { 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610}. Khi đó, thuật toán được thực hiện như sau:

Bước 1. Ta tìm được step=4. So sánh 53 với vị trí số A[3]=2<55.

Bước 2. Dịch chuyển step = 8, so sánh 53 với vị trí số A[7]=13<55.

Bước 3. Dịch chuyển step = 16, so sánh 53 với vị trí số A[15]=610>55. **Bước 4**. Vì 610>55 nên ta trở về bước trước đó cộng thêm 1 là 9.

Bước 5. Tìm kiếm tuyến tính từ vị trí 9 đến 15 ta nhận được kết quả là 10.

1.4.4 Cài đặt thuật toán

```
#include <iostream>
```

```
#include <cmath>
using namespace std;
int JumpSearch(int A[], int n, int x){ //thuật toán Jumping Search
        int step = (int) sqrt(n); //giá trị bước nhảy
        int prev = 0; //giá trị bước nhảy trước
        int r = min(step,n)-1;//vị trí cần so sánh while (A[r]<x) {//lặp trong khi
        A[r]<x
                prev = step; //lưu lại giá trị bước trước
                step += (int)sqrt(n);//tăng bước nhảy
                if (prev >= n) //nếu điều này xảy ra
                    return -1; //x chắc chắn không có trong A[]
            r = min(step,n)-1; //tính toán lại vị trí cần so sánh
        }
        while (A[prev] < x){//tìm kiếm tuyến tính thông thường
                prev++;
                if (prev == min(step, n))
                        return -1;
        }
        if (A[prev] == x) //nếu tìm thấy x
                return prev;
      return -1;//không tìm thấy x
}
 int main(void){
    int A[] = { 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21,
              34, 55, 89, 144, 233, 377, 610};
    int x = 233, n =
    sizeof(A)/sizeof(A[0]); int index =
    JumpSearch(A, n,x);
    if (index!=-1)      cout<<"\n Vị
    trí:"<<index; else cout<<"\n Không tìm
    thấy x";
 }
```