# 多项式 1

## 拉格朗日插值法

### 算法简介

给定 $n$ 个坐标 $(x_i,y_i)$，求解唯一确定的最高次不超过 $n-1$ 次的多项式 $f(x)$，满足 $f(x_i)=y_i$。

### 算法模板

洛谷p4781

构造 $g_i(x)=y_i\prod_{j\neq i}\frac {x-x_j}{x_i-x_j}$，易知

$$g_i(x_j)= \begin{cases} y_i, & j=i \\ 0, & j\neq i \end{cases}$$

于是有

$$f(x)=\sum_{i=1}^n g_i(x)=\sum_{i=1}^n y_i\prod_{j\neq i}\frac {x-x_j}{x_i-x_j}\tag{1}$$

根据上式可以 $O(n^2)$ 计算出 $f(k)$。

```
int x[MAXN],y[MAXN];
int Lagrange(int n,int k){
    int ans=0,a,b;
    _rep(i,1,n){
        a=y[i],b=1;
        _rep(j,1,n){
            if(j==i)continue;
            a=1LL*a*(k-x[j])%Mod;
            b=1LL*b*(x[i]-x[j])%Mod;
        }
        ans=(ans+1LL*a*inv(b)%Mod)%Mod;
    }
    return (ans%Mod+Mod)%Mod;
}
```

### 算法拓展

#### 线性优化

事实上，如果 $x_i$ 取值连续，上述算法复杂度可以优化为 $O(n)$。

以 $x_i=i$ 为例，则 $(1)$ 式化为

$$f(x)=\sum_{i=1}^n y_i\prod_{j\neq i}\frac {x-j}{i-j}=\sum_{i=1}^n (-1)^{n-i}y_i\frac

{\prod_{j=1}^{i-1}(x-j)\prod_{j=i+1}^{n}(x-j)}{(i-1)!(n-i)!}$$

分子部分考虑 $O(n)$ 预处理序列 $\{x-i\}$ 的前缀积和后缀积，分母部分考虑 $O(n)$ 预处理阶乘的逆。

```
int inv_frac[MAXN],y[MAXN],pre[MAXN],suf[MAXN];
int Lagrange(int x,int n){
    pre[0]=suf[n+1]=1;
    _rep(i,1,n)pre[i]=1LL*pre[i-1]*(x-i)%Mod;
    for(int i=n;i;i--)suf[i]=1LL*suf[i+1]*(x-i)%Mod;
    int ans=0,sign;
    _rep(i,1,n){
        sign=((n-i)&1)?-1:1;
ans=(ans+1LL*sign*y[i]*pre[i-1]%Mod*suf[i+1]%Mod*inv_frac[i-1]%Mod*inv_frac[
n-i])%Mod;
    }
    return ans;
}
```

### 重心拉格朗日插值法

考虑 $O(n)$ 时间动态插入每个点 $(x_i,y_i)$

令 $g(x)=\prod_{i=1}^n (x-x_i),w_i=\prod_{j\neq i}(x_i-x_j)$于是 $(1)$ 式化为

$$f(x)=\sum_{i=1}^n y_i\prod_{j\neq i}\frac {x-x_j}{x_i-x_j}=g(x)\sum_{i=1}^n\frac {y_i}{(x-x_i)w_i}\tag{2}$$

于是每次插入后动态更新每个 $w_i$ 即可。

```
int x[MAXN],y[MAXN],w[MAXN],z;
void Insert(int tx,int ty){
    w[++z]=1;
    x[z]=tx,y[z]=ty;
    _for(i,1,z){
        w[i]=1LL*w[i]*(x[i]-x[z])%Mod;
        w[z]=1LL*w[z]*(x[z]-x[i])%Mod;
    }
}
int Lagrange(int k){
    int g=1,s=0;
    _rep(i,1,z){
        g=1LL*g*(k-x[i])%Mod;
        s=(s+1LL*y[i]*inv(1LL*(k-x[i])*w[i]%Mod))%Mod;
    }
    return (1LL*g*s%Mod+Mod)%Mod;
}
```

From:
https://wiki.cvbbacm.com/ - **CVBB ACM Team**

Permanent link:
**https://wiki.cvbbacm.com/doku.php?id=2020-2021:teams:legal_string:jxm2001:%E5%A4%9A%E9%A1%B9%E5%BC%8F_1&rev=1596448187**

Last update: **2020/08/03 17:49**