

浙江大学



本科生课程项目报告

学年、学期： 2020 — 2021 学年 秋冬 学期

课程名称： 数值分析方法

任课教师： 余官定

题 目： 基于 Web 的小孩身高、体重查询程序

学生姓名： 黄嘉欣

学 号： 3190102060

数值分析方法 Project

项目报告

一、设计目标

编写应用程序，根据已有的标准数据，实现快速查询出生 0~81 个月内小孩的标准身高和体重，输出数据需要精确到小数点后一位，且同时输出 $\pm 1SD$ 、 $\pm 2SD$ 、 $\pm 3SD$ 的估计值。具体目标如下：

- (1) 算法设计合理，所得结果具有较好的可信度；
- (2) 应用具有实用性，界面简洁、美观，用户体验良好；
- (3) 程序运行 1 次时间需要少于 1s，不能让使用者感觉到延时；
- (4) 在设计过程中，学习 HTML、JavaScript 等语言，并对插值、拟合算法进行进一步的了解和掌握。

二、设计思路

为了使用户体验更加方便、简单，我选择使用 HTML 与 JavaScript 进行程序的编写，并采用纯灰色作为页面背景，以使界面显得简约、直观。为了将用户输入的小孩信息参数传入估计函数，需要在页面中设置两个输入文本框和一个“查询”按钮，以供用户输入小孩的生日和性别，并在点击按钮后运行函数，进行身高、体重估计值的计算。

在设计过程当中，对于输入格式不正确或超过范围的小孩信息，需要设计一个分支结构，以直接将错误信息反馈给用户，避免程序进行不必要的运算；对于正确输入的信息，需要将给个部分分离，如出生年、月、日，合成为时间后，与系统当前的时间相减，以求得小孩的年龄。考虑到求得年龄的准确性，程序应该以天作为年龄单位，并将小孩的年龄与标准数据的年龄做对比，找到对应的数据区间，从而为后续插值、拟合算法提供正确的数据点。

除此之外，我们需要尽可能的减少程序的空间复杂度，而小孩的性别只有“男”、“女”两类，因此可以考虑根据用户输入性别进行分类，使得每次查询时，程序只需要初始化一个性别小孩的标准身高、体重数据，从而减少内存的占用。

为了避免高次插值多项式的不稳定性，得到较好的近似值，程序可以采用三次样条曲线算法，根据小孩年龄区间内的标准数据构造三次插值多项式，并将小孩年龄代入多项式求得其身高、体重的估值。由于需要输出中位数、 $\pm 1SD$ 、 $\pm 2SD$ 、 $\pm 3SD$ 七个数据，所以需要对算法进行循环。对于最左侧和最右侧的几个点，由于不能对称取得数据点，所以需要共用一条曲线。

计算得到的估值需要反馈给用户，因此网页中应当设置两个输出文本框，函数将计算值转化为 String 类型后，会将其输出在文本框中，以供用户查阅。当然，考虑到用户的复制等操作，输出的数据会暂时留存在输出文本框中，直到用户输入新的小孩信息。

三、算法描述

输入：小孩的生日“yyyy/mm/dd”、性别“0”或“1”

输出：小孩身高中位数、 $\pm 1SD$ 、 $\pm 2SD$ 、 $\pm 3SD$ 估计值 `outputh[7]`，体重中位数、 $\pm 1SD$ 、 $\pm 2SD$ 、 $\pm 3SD$ 估计值 `outputw[7]`

程序流程图：（清晰原图请见文件夹）

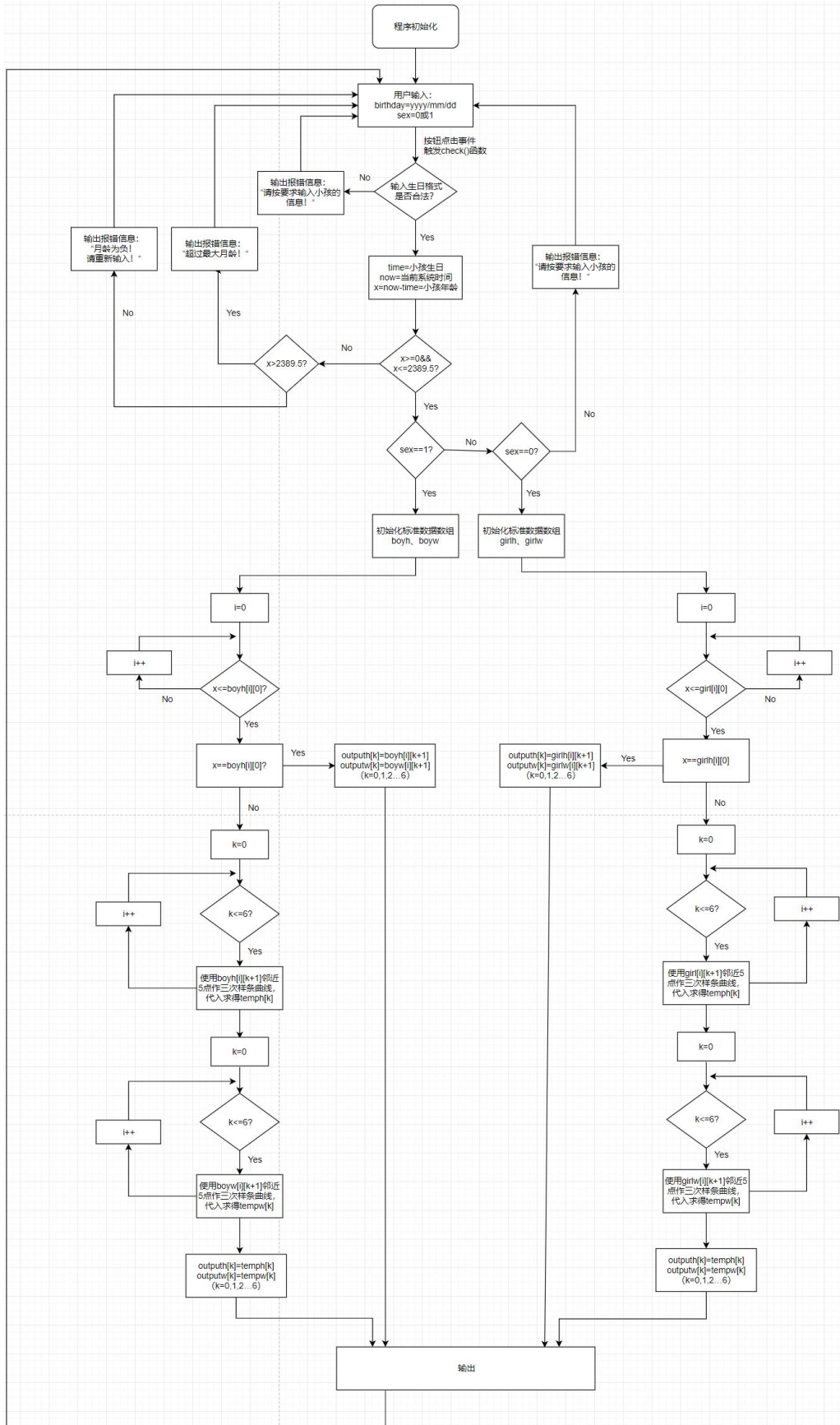


图 3.1 程序流程图

其中，计算三次样条曲线的算法伪代码如下（ $n=4$ ，输入点由程序分别从标准数据表中提取）：

INPUT $n; x_0, x_1, \dots, x_n; a_0 = f(x_0), a_1 = f(x_1), \dots, a_n = f(x_n).$

OUTPUT a_j, b_j, c_j, d_j for $j = 0, 1, \dots, n-1.$

(Note: $S(x) = S_j(x) = a_j + b_j(x - x_j) + c_j(x - x_j)^2 + d_j(x - x_j)^3$ for $x_j \leq x \leq x_{j+1}.$)

Step 1 For $i = 0, 1, \dots, n-1$ set $h_i = x_{i+1} - x_i.$

Step 2 For $i = 1, 2, \dots, n-1$ set

$$\alpha_i = \frac{3}{h_i}(a_{i+1} - a_i) - \frac{3}{h_{i-1}}(a_i - a_{i-1}).$$

Step 3 Set $l_0 = 1;$ (Steps 3, 4, 5, and part of Step 6 solve a tridiagonal linear system using a method described in Algorithm 6.7.)

$$\mu_0 = 0;$$

$$z_0 = 0.$$

Step 4 For $i = 1, 2, \dots, n-1$

$$\text{set } l_i = 2(x_{i+1} - x_{i-1}) - h_{i-1}\mu_{i-1};$$

$$\mu_i = h_i/l_i;$$

$$z_i = (\alpha_i - h_{i-1}z_{i-1})/l_i.$$

Step 5 Set $l_n = 1;$

$$z_n = 0;$$

$$c_n = 0.$$

Step 6 For $j = n-1, n-2, \dots, 0$

$$\text{set } c_j = z_j - \mu_j c_{j+1};$$

$$b_j = (a_{j+1} - a_j)/h_j - h_j(c_{j+1} + 2c_j)/3;$$

$$d_j = (c_{j+1} - c_j)/(3h_j).$$

Step 7 **OUTPUT** $(a_j, b_j, c_j, d_j$ for $j = 0, 1, \dots, n-1);$

STOP.

总的来说，程序利用了 HTML 中的按钮响应事件，当用户按下“查询”按钮后，系统会自动调用核心 check() 函数，其将根据用户输入的不同执行相应的输出或估计功能（参见流程图）。在确保程序正常实现的前提下，算法尽量减少了内存的占用，且功能完整。当输入的小孩年龄恰好与标准数据中的某一年龄相同时，程序会直接输出标准数据，避免多余运算；对月龄小于等于 2 或大于等于 75 的小孩，程序会单独采用曲线计算，避免与中间点算法混同，造成估计不准确或者程序运行的错误。当一次结果输出后，算法设计程序会等待用户的下一次输入，可重复、多次运行，充分适应了用户的使用要求。

四、界面设计效果图

如图，程序界面采用了简约风格，看起来简洁、直观，以给用户提供良好的使用体验。页面中部为小孩信息的输入框、查询按钮，以及估计值输出框。在各个文本框中，呈现有程序输入、输出的提示信息，当用户输入或程序输出时，其会自动消失，保证即使在不了解本程序的情况下，用户也能够正常使用查询功能。除此之外，页面中加入了一些学校、课程的相关元素，充分体现项目特点，美观而又友好。

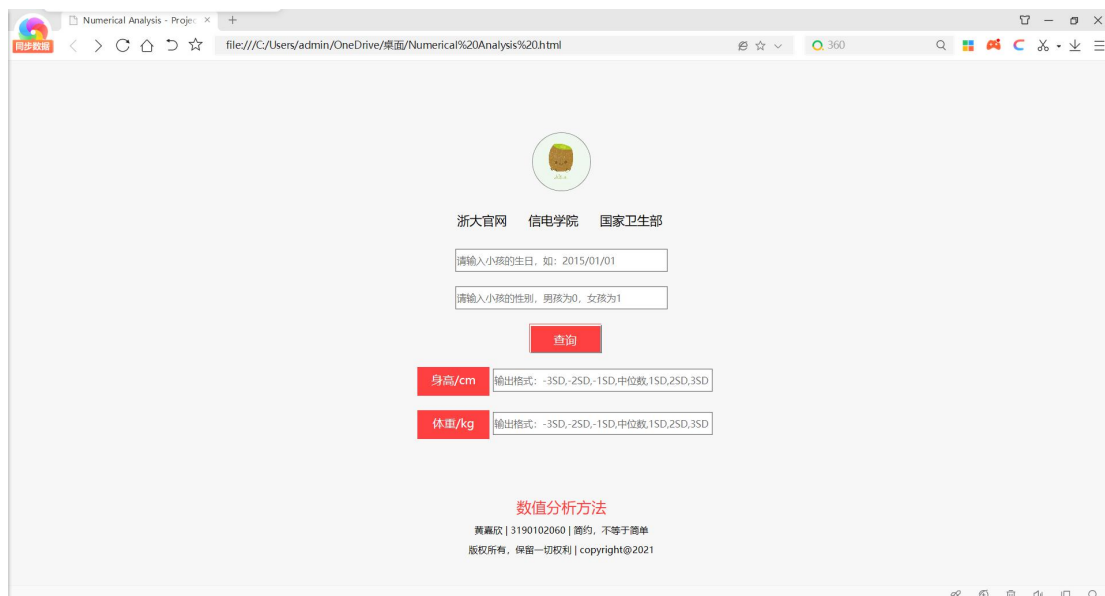


图 4.1 界面设计效果图

五、应用性能描述

(1) 运行时间:

为了得到程序的运行时间，我们可以在程序开始运行、程序结束时获取当时的系统时间，再将两者相减，如图：

```
function check(){ //响应按钮点击事件
    var starttime=new Date().getTime(); //获取运行时间
    //.....
    var endtime=new Date().getTime();
    alert(endtime-startime); //计算运行时间
}
```

图 5.1.1 运行时间测试代码

通过获取每次开始查询以及程序输出之间的时间差，可以得到应用运行一次所需的时间为 0 ms:



图 5.1.2 运行时间测试

即每次查询时，程序耗时基本可以忽略不计，运行时间短，实用性较好。

(2) 程序准确性:

此次程序，采用的是自然三次样条插值算法，既可以有效避免近似函数的不稳定性，也可以将误差控制在较小的范围内。根据所学知识，三次样条插值函数的误差满足：

$$|E| \leq \frac{5}{384} h^4 \max_{a \leq x \leq b} |f^{(4)}(x)|$$

其中， h 为两点之间的间距， $f(x)$ 为需要估计的函数。

由于采用天作为单位，程序中的 h 较大，但与此同时，函数也变得平缓了许多。以最极端的两侧各 5 个数据点为例（取男孩的身高中位数标准数据）：

对最左侧： $h = 29.5$ ，由数值微分可知，其上四阶导数绝对值的最大值为 3.15×10^{-6} ，所以 $|E| \leq 0.03106$ ；

同理，对最右侧，可得 $|E| \leq 0.006403$ 。可见，在精确到小数点后 1 位的情况下，算法求得的估计值具有较高的准确度。除此之外，对和标准数据年龄相同的点，其误差将为 0。因此，程序的准确性很好，符合设计要求。

六、应用亮点

综上所述，本程序的主要亮点可以概括为如下几个方面：

- （1）轻量级，运行速度快，占用内存少，实用性较好；
- （2）界面简洁、直观，富有特点；
- （3）快捷、简单，使用浏览器便可打开；
- （4）充分考虑到使用要求，可重复查询，用户使用体验良好；
- （5）算法准确性高，所得估计值可信度很好；
- （6）程序支持跨平台执行。

七、总结与体会

此次 project，我们从已有数据出发，利用插值、拟合算法，对区间内任一点（整数天数）的函数值进行了估算，既进一步理解、掌握了三次样条曲线算法，也在实践中学会了 HTML、JavaScript 编程，受益匪浅。

从最开始构思界面、设计算法，到后来学习语法、动手构建，整个过程虽然遇到过不少问题，但在不断实践与调试的过程当中，我的学习能力也在逐渐地增强。程序设计，并不是以开发者为中心，而是以用户为中心。如何做到“用户友好型”，是所有开发者需要不断思考的问题。在完成此次 project 的过程当中，我们既需要确保程序功能的正确与高标准实现，也需要考虑到用户的使用体验，这是我们此前很少有过的经历。相信，这次能力与思维上的锻炼，将会让我们在以后的学习和专业生活中，更加积极地迎接新的挑战。