面向对象程序设计基础作业十三 设计文档

1. 模型部分

a. 功能简述

本程序实现了一个学生学号与成绩管理系统，并使用双向链表储存数据，便于双向遍历访问数据。此管理系统支持用户添加任意数量（不超过系统内存）的学号、成绩信息（学号限制为 long long 范围的整数，成绩限制为 unsigned int 范围的非负整数），删除或访问第一个特定学号/全部特定分数的档案，或输出全部的档案信息。

本程序中包括的 double_list 类是一个类模板，可以存储任意类型的数据。

本程序采用工厂模式方法进行设计，由 factory 类负责申请内存，student_system 类不自行申请内存，而是调用 factory 的接口 get_node。注意到 factory 类也是一个模板，可以用于各类数据的申请和临时存储。

b. 数据结构

本程序包含 student_system 类，可以实例化为成绩管理系统。此类调用 double_list 类（即双向链表）作为数据存储结构。

Double_list 类提供基本的双向链表创建、添加节点、删除节点等功能，而且可扩展性好。和普通双向链表不同的是，本类中的双向链表不使用单一的头指针表示链表，而是使用“哨兵”机制：即，本类有一个成员变量 sentinel，此变量为一个虚拟的节点，其后继为真实的表头，其前驱为真实的表尾。遍历时，如访问到哨兵，就认为是达到了尽头。这样做的好处是，在添加/删除节点时不需要考虑是否处于头/尾位置，大大减少了代码工作量、增加了可读性。

c. 算法

本程序主要使用模拟法。

当用户希望添加节点时，本程序会从表头（即 sentinel.next）开始向后搜索，直到搜索到第一个比待加入节点学号大的节点、或学号相同但分数更高的节点、或 sentinel 为止，然后将新节点插入于此节点之前。插入的过

程是：待插入节点的后继指针指向插入位置；前驱指针指向插入位置的前驱；待插入节点前驱的后继指针指向待插入节点；待插入节点后继的前驱指针指向待插入节点。由于引入了 sentinel 机制，无须判断是否处于头指针位置/链表是否为空。

当用户希望删除某特定学号/成绩的节点时，本程序会从表头开始向后搜索，直到搜索到足够数量的符合要求的节点为止。删除节点的过程是：待删除节点前驱的后继指针指向待删除节点的后继；待删除节点后继的前驱指针指向待删除节点的前驱；释放待删除节点。

当程序结束、需要释放所有空间时，本程序使用了 double_list 类的析构函数以实现自动回收内存。具体来说，此析构函数会逐一访问每个节点，记录下其后继，并释放它们的空间。由于这是一个析构函数，会在工厂类 factory 和产品类 student_system 销毁时自动调用，删除这两个类的临时表单中的所有结点。

2. 验证部分

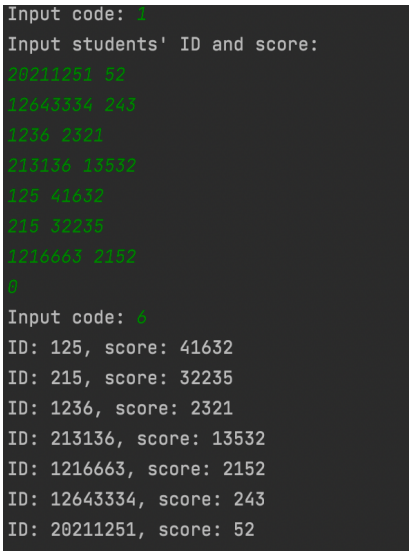
本程序的验证使用了五组不同的数据，代表不同的情形。在下述每个情形处会具体说明。

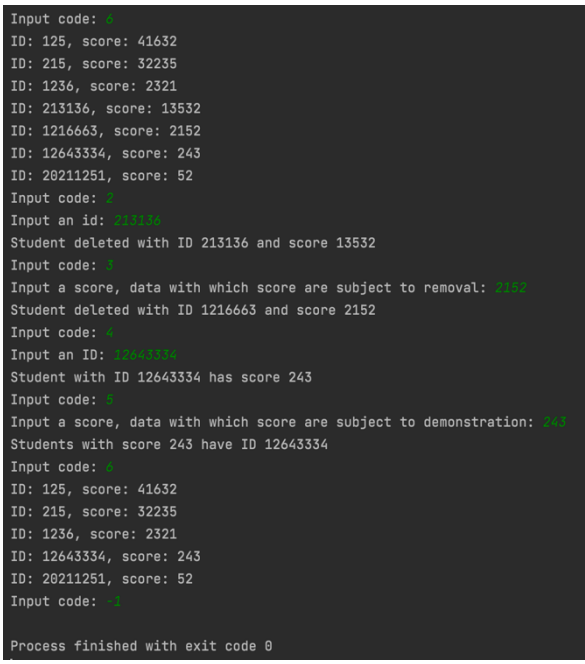
```
/Users/casorazitora/CLionProjects/HW6/cmake-build-debug/HW6
Input code: 2
Input an id: 2021
No student with ID 2021
Input code: 3
Input a score, data with which score are subject to removal: 100
No student with score 100
Input code: 4
Input an ID: 2021
No student with ID 2021
Input code: 5
Input a score, data with which score are subject to demonstration: 100
Students with score 100 have ID NONE!
Input code: 6
No data!
Input code: -1

Process finished with exit code 0
```

a. 列表是空表的情形

开始执行后，不为此程序读入任何数据，直接进行各项功能的测试。结果表明，每一个功能中都正确输出了“无数据”的结果，没有报错/内存异常。

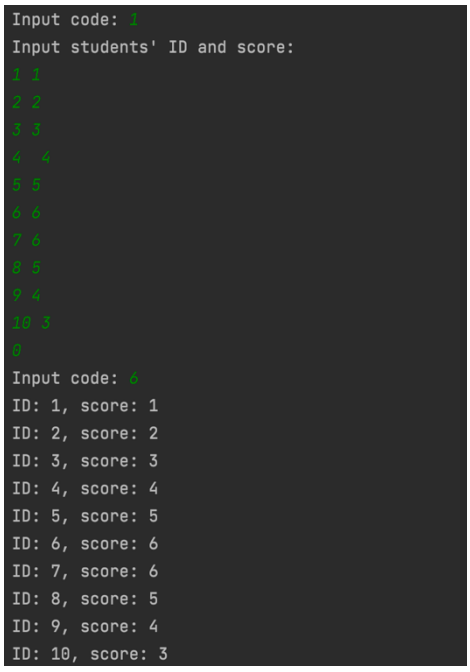
b. 列表中没有重复分数/学号的情形

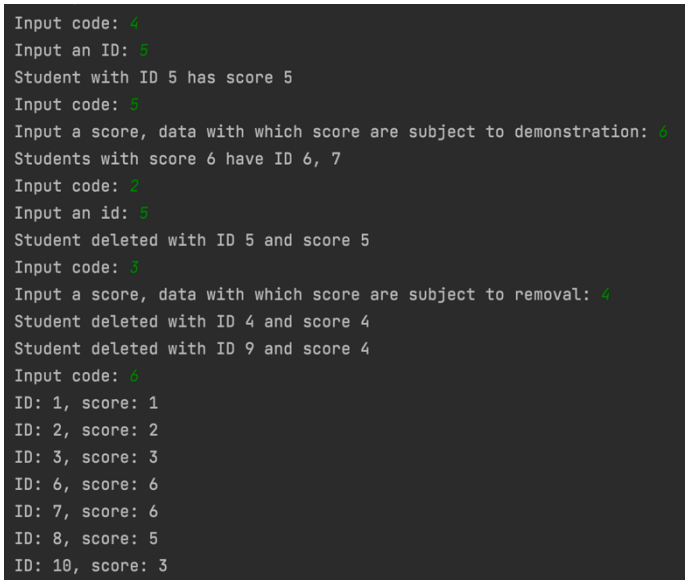




尽管功能 1 输入时顺序是完全打乱的，但使用功能 6 可以看出，在内存中的各个节点都已经按照学号升序排列。随后，使用 2-5 各个功能均能正确删除/查询所要求的数据。本例中，共删除了 2 次数据，查询了 2 次数据。考虑到列表中没有重复分数、也没有重复学号，输入规模为 7，最终状态仅剩 5 个数据，这是正确的。

c. 列表中有重复分数的情形





使用功能 1 输入时，有四组数据（3-10，4-9，5-8，6-7）具有相同的分数。可以看出，程序仍然按照学号升序构造了对应的链表。在使用功能 5 查询时，输入分数 6，程序给出了全部的两个具有分数 6 的学号，并使用逗号分隔。使用功能 3 删除时，输入分数 4，程序删除了全部的两个具有分数 4 的数据。加上使用功能 5 删除的一个数据，最终正确地剩余了 7 个数据点。

d. 列表中有重复学号的情形

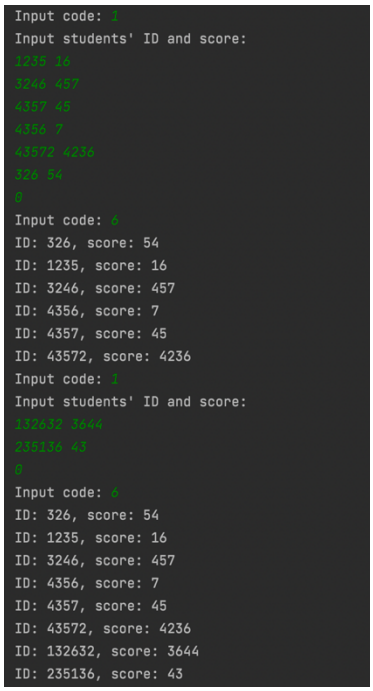
```
Input students' ID and score:
1 124
1 9
1 5
1 20
2 34
2 53
5 4
4 4
4 7
5 6
0
Input code: 6
ID: 1, score: 5
ID: 1, score: 9
ID: 1, score: 20
ID: 1, score: 124
ID: 2, score: 34
ID: 2, score: 53
ID: 4, score: 4
ID: 4, score: 7
ID: 5, score: 4
ID: 5, score: 6
```

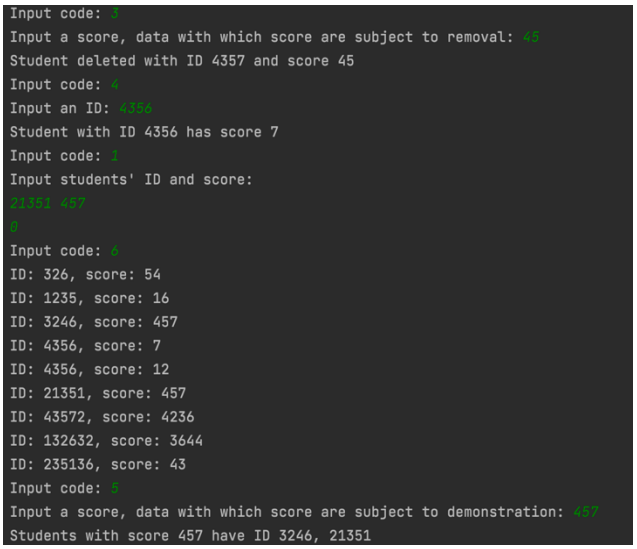
```
Input code: 2
Input an id: 1
Student deleted with ID 1 and score 5
Input code: 6
ID: 1, score: 9
ID: 1, score: 20
ID: 1, score: 124
ID: 2, score: 34
ID: 2, score: 53
ID: 4, score: 4
ID: 4, score: 7
ID: 5, score: 4
ID: 5, score: 6
Input code: 4
Input an ID: 1
Student with ID 1 has score 9
```

```
Input a score, data with which score are subject to demonstration: 4
Students with score 4 have ID 4, 5
```

使用功能 1 添加数据时，输入了若干组分数不同、学号相同的数据。使用功能 6 显示，链表确实是按照分数升序排列的。使用功能 2 进行删除，也只会删除此序列里第一个此学号的数据。使用功能 4 进行查询，只会显示此序列里第一个此学号的数据。而使用功能 5（查询所有某成绩的学号）可以正常输出所有有相同成绩的学号。

e. 列表中多次添加新数据的情形





此处测试了连续两次调用/相隔若干操作后再次调用功能 1 的场景。可以从功能 6 的结果看到，多次调用添加数据功能后，链表内的元素仍然按照上面提到的顺序排列。同时，其余几项功能也正确运行。

f. 性能测试

考虑到本程序（下称新程序）和本学期第六次小作业的程序（下称旧程序）有相同的功能，但采用了工厂类管理内存，我们希望测试这一变化是否有性能上的提升。

采用其他方式生成 N 个数据（N 的取值见下表），分别对应学号 1 至 N，分数均为 1。（这是为了调用一次命令 3 就可以删除全部数据，更方便测试。）先使用指令 1，将这 n 个数据全部输入，再使用指令 3，全部删除。旧程序会直接释放这些内存，而新程序会交由 factory 类暂时保管。之后，再次用指令 1 将这些数据全部输入。旧程序需要重新分配内存，新程序则可以从 factory 类获取先前暂时保管的实例，不需要另外申请内存。

使用计时器，可以定量地分析性能差异。下表是本程序在 MacOS 上运行的测试结果。可以看出，使用工厂模式设计的程序在回收时有少量优势，在再次输入时有明显优势。

N 的取值	步骤	旧程序用时（ms）	新程序用时（ms）
10000	删除	11.461	10.963
	再次输入	143.69	24.503
50000	删除	48.822	56.117
	再次输入	2604.43	155.068
200000	删除	286.079	112.981
	再次输入	13223.8	351.755