



南開大學  
Nankai University

计算机学院  
并行程序设计

## 特殊高斯消去法的并行优化

并行程序设计期末研究报告

---

姓名：丁屹、卢麒萱

学号：2013280、2010519

专业：计算机科学与技术

2022 年 7 月 9 日

# 目录

<b>1 问题描述</b>	<b>2</b>
<b>2 研究设计</b>	<b>2</b>
2.1 测试用例 . . . . .	3
2.2 实验环境和相关配置 . . . . .	3
2.3 串行稀疏矩阵算法 . . . . .	3
2.4 串行位元矩阵算法 . . . . .	3
<b>3 算法分析</b>	<b>3</b>
3.1 正确性分析 . . . . .	3
3.2 正确性验证 . . . . .	3
3.3 复杂度分析 . . . . .	3
3.4 运行时间分析 . . . . .	3

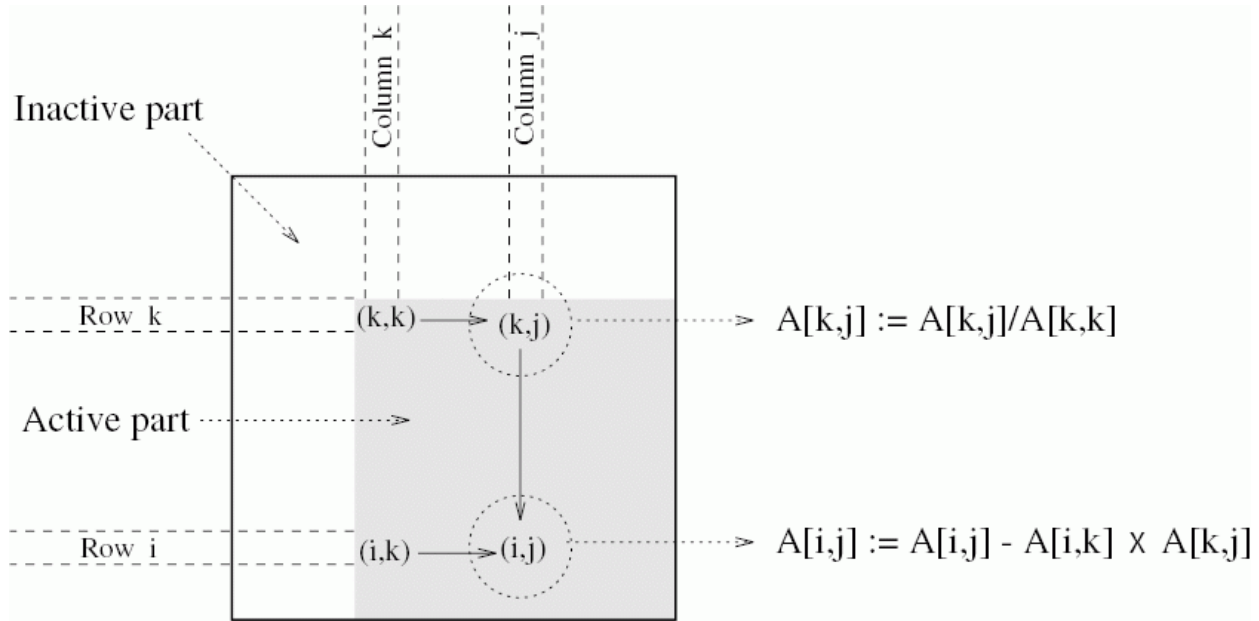


图 1.1: 高斯消去法示意图

## 1 问题描述

普通高斯消去的计算模式如图 1.1 所示，在第  $k$  步时，对第  $k$  行从  $(k, k)$  开始进行除法操作，并将后续的  $k + 1$  至  $N$  行进行减去第  $k$  行的操作，串行算法如下面伪代码所示。

---

**Algorithm 1** 普通高斯消元算法伪代码

---

```

1: function LU
2:   for  $k := 0$  to  $n$  do
3:     for  $j := k + 1$  to  $n$  do
4:        $A[k, j] := A[k, j] / A[k, k]$ 
5:     end for
6:      $A[k, k] := 1.0$ 
7:     for  $i := k + 1$  to  $n$  do
8:       for  $j := k + 1$  to  $n$  do
9:          $A[i, j] := A[i, j] - A[i, k] * A[k, j]$ 
10:      end for
11:       $A[i, k] := 0$ 
12:    end for
13:  end for
14: end function

```

---

特殊高斯消去法

## 2 研究设计

项目链接: <https://github.com/NeoWans/Parallel-Programming-Final>

## 2.1 测试用例

测试用例由老师提供的 Groebner.7z 压缩包解压后获得, 总共 11 组数据, 软链接至 res/目录下, 命名规则为% 组号%.0 (非零消元子)、% 组号%.1 (被消元行)、% 组号%.2 (消元结果)

## 2.2 实验环境和相关配置

实验在本地 x86 Arch Linux 环境下完成, 使用 Makefile 构建项目, 开启 Ofast 加速; 使用的 CPU 为 AMD Ryzen 8C16T, 显卡为 nVIDIA RTX 2060。

## 2.3 串行稀疏矩阵算法

使用 STL list 存储矩阵中每行的非零位置, 逐行放入嵌套的外层 STL list; 使用 STL map 存储消元行首项与消元行的映射

## 2.4 串行位元矩阵算法

# 3 算法分析

## 3.1 正确性分析

## 3.2 正确性验证

由于% 组号%.2 (样例正确消元结果) 被链接到 res/目录下, 而% 组号%.out (程序计算结果) 被输出到 misc/ 目录下, 使用 diff -wB misc/% 组号%.out res/% 组号%.2 即可在忽略输出格式差异的前提下判断消元是否正确。每次运行完成只需运行单行脚本 1 即可判断正确性。经过验证, 所有实现均保证了正确性。

Listing 1: 单行 Bash 脚本

```
1 for i in {1..11}; do diff -wB "misc/${i}.out" "res/${i}.2"; done
```

## 3.3 复杂度分析

## 3.4 运行时间分析

由于华为鲲鹏服务器工作不稳定, 所以只在本地 x86 环境实验。

表 1: 不同串行方法运行时间

Scale	serial list (ms)	serial bitset (ms)
130	0.03233	NA
254	1.867949	NA
562	4.735001	NA
1011	78.952469	NA
2362	827.574329	NA
3799	15708.6549	NA
8399	273776.479	NA
23045	NA	NA
37960	NA	NA
43577	NA	NA
85401	96746.3559	NA