LAP (Linear Assignment Problem)

Программная документация

Раздел 1

LAP - Linear Assignment Problem / Линейная дискретная оптимизационная задача (задача о назначениях)

1.1 1. Brief / Обзор

Solving linear assignment problem using / Решение задачи о назначениях методами:

- Jonker-Volgenant-Castanon method (JVC) for dense and sparse (CSR - compressed sparse row) matrices / Метод Джонкера-Волгенанта-Кастаньона для плотных и разреженных матриц в CSR формате
- Mack method / Метод Мака
- Hungarian (Munkres) method / Венгерский алгоритм

1.2 2. References / Ссылки

Papers / Статьи:

- R.Jonker and A.Volgenant A Shortest Augmenting Path Algorithm for Dense and Sparse Linear Assignment Problems Computing 38, 325-340 (1987)
- A.Volgenant Linear and Semi-Assignment Problems: A Core Oriented Approach
- Банди Б. Основы линейного программирования: Пер. с англ. - М.:Радио м связь, 1989, стр 113-123

Sites / Сайты:

- http://www.assignmentproblems.com/linearAP.htm
- https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/26836-lapjv-jonker-volgenant-algorithm-for-linear-assignment-problem-v3-0

Repositories / Репозитории:

- https://github.com/yongyanghz/LAPJV-algorithm-c
- https://github.com/RcppCore/rcpp-gallery/blob/gh-pages/src/2013-09-24-minimal-assignment.↩cpp
- https://github.com/fuglede/linearassignment

1.3 3. Dependencies / Зависимости

Armadillo for matrices, Boost for testing / Armadillo для работы с матрицами, Boost для тестирования.

1.4 4. Tests / Тесты

- Comparison of calculation speed on dense and sparse matrices / Сравнение скорости работы на плотных и разреженных матрицах
- Simple assignment problem matrices are provided / Дополнительные тесты на простых матрицах
- test JVC algorithm for looping / Тест алгоритма JVCdense на зацикливание

(Sparsity is ~20% / В разреженной матрице ~20% назначенных ячеек)

Results for time measuring / Результаты замеров скорости работы:

<? <?

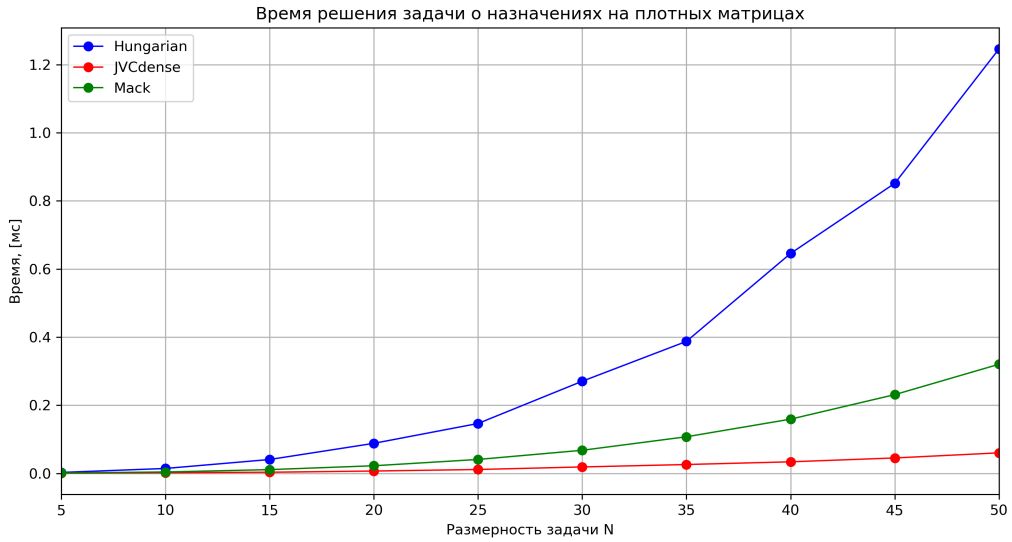

Рис. 1.1 ?>

Fig.1 - Execution time for dense matrices (small dimensions)

Рис.1 - Время выполнения на плотных матрицах (малые размернсти)

<? <?

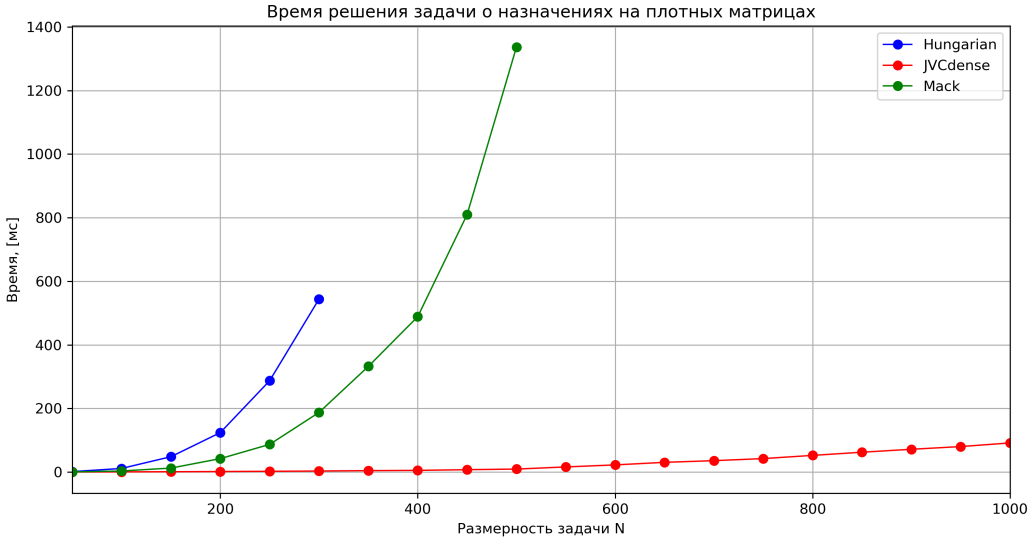

Рис. 1.2 ?>

Fig.2 - Execution time for dense matrices (large dimensions)

Рис.2 - Время выполнения на плотных матрицах (большие размерности)

<? <?

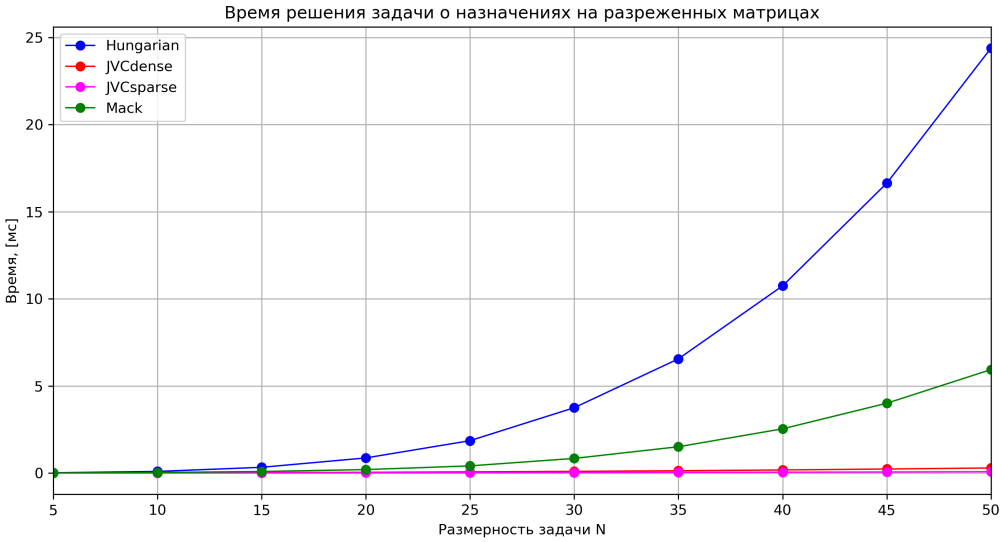

Рис. 1.3 ?>

Fig.3 - Execution time for sparse matrices (small dimensions)

Рис.3 - Время выполнения на разреженных матрицах (малые размернсти)

<? <?

Рис. 1.4 ?>

Fig.4 - Execution time for sparse matrices (large dimensions)

Рис.4 - Время выполнения на разреженных матрицах (большие размерности)

Раздел 2

Алфавитный указатель групп

2.1 Группы

Полный список групп.

Раздел 3

Алфавитный указатель пространств имен

3.1 Пространства имен

Полный список пространств имен.

Раздел 4

Алфавитный указатель классов

4.1 Классы

Классы с их кратким описанием.

Раздел 5

Группы

5.1 Spml

Пространства имен

- namespace SPML

  Специальная библиотека программных модулей (СБ ПМ)

5.1.1 Подробное описание

Раздел 6

Пространства имен

6.1 Пространство имен SPML

Специальная библиотека программных модулей (СБ ПМ)

Пространства имен

- namespace Compare

  Сравнение чисел
- namespace LAP

  Решение задачи о назначениях
- namespace Sparse

  Разреженные матрицы

6.1.1 Подробное описание

Специальная библиотека программных модулей (СБ ПМ)

6.2 Пространство имен SPML::Compare

Сравнение чисел

Функции

- bool AreEqualAbs (float first, float second, const float &eps=EPS_F)

  Сравнение двух действительных чисел (по абсолютной разнице)
- bool AreEqualAbs (double first, double second, const double &eps=EPS_D)

  Сравнение двух действительных чисел (по абсолютной разнице)
- bool AreEqualRel (float first, float second, const float &eps=EPS_REL)

  Сравнение двух действительных чисел (по относительной разнице)
- bool AreEqualRel (double first, double second, const double &eps=EPS_REL)

  Сравнение двух действительных чисел (по относительной разнице)
- bool IsZeroAbs (float value, const float &eps=EPS_F)

  Проверка действительного числа на равенство нулю (по абсолютной разнице)
- bool IsZeroAbs (double value, const double &eps=EPS_D)

  Проверка действительного числа на равенство нулю (по абсолютной разнице)

6.2.1 Подробное описание

Сравнение чисел

6.2.2 Функции

6.2.2.1 AreEqualAbs() [1/2]

bool SPML::Compare::AreEqualAbs (
double first,
double second,
const double & eps = EPS_D) [inline]

Сравнение двух действительных чисел (по абсолютной разнице)
Возвращает результат: abs(first - second) < eps

Аргументы

in	first	- первое число
in	second	- второе число
in	eps	- абсолютная точность сравнения

Возвращает

true - если разница меньше точности, иначе false

См. определение в файле compare.h строка 48

6.2.2.2 AreEqualAbs() [2/2]

bool SPML::Compare::AreEqualAbs (
float first,
float second,
const float & eps = EPS_F) [inline]

Сравнение двух действительных чисел (по абсолютной разнице)
Возвращает результат: abs(first - second) < eps

Аргументы

in	first	- первое число
in	second	- второе число
in	eps	- абсолютная точность сравнения

Возвращает

true - если разница меньше точности, иначе false

См. определение в файле compare.h строка 35

6.2.2.3 AreEqualRel() [1/2]

bool SPML::Compare::AreEqualRel (
double first,
double second,
const double & eps = EPS_REL) [inline]

Сравнение двух действительных чисел (по относительной разнице)
Возарвщает результат: (abs((first - second) / first) < eps) && (abs((first - second) / second) < eps)

Аргументы

in	first	- первое число
in	second	- второе число
in	eps	- относительная точность сравнения

Возвращает

true - если разница меньше точности, иначе false

См. определение в файле compare.h строка 76

6.2.2.4 AreEqualRel() [2/2]

bool SPML::Compare::AreEqualRel (
float first,
float second,
const float & eps = EPS_REL) [inline]

Сравнение двух действительных чисел (по относительной разнице)
Возарвщает результат: (abs((first - second) / first) < eps) && (abs((first - second) / second) < eps)

Аргументы

in	first	- первое число
in	second	- второе число
in	eps	- относительная точность сравнения

Возвращает

true - если разница меньше точности, иначе false

См. определение в файле compare.h строка 62

6.2.2.5 IsZeroAbs() [1/2]

bool SPML::Compare::IsZeroAbs (
double value,
const double & eps = EPS_D) [inline]

Проверка действительного числа на равенство нулю (по абсолютной разнице)
Возвращает результат: abs(value) < eps

Аргументы

in	value	- проверяемое число
in	eps	- абсолютная точность сравнения

Возвращает

true - если разница меньше точности, иначе false

См. определение в файле compare.h строка 102

6.2.2.6 IsZeroAbs() [2/2]

bool SPML::Compare::IsZeroAbs (
float value,
const float & eps = EPS_F) [inline]

Проверка действительного числа на равенство нулю (по абсолютной разнице)
Возвращает результат: abs(value) < eps

Аргументы

in	value	- проверяемое число
in	eps	- абсолютная точность сравнения

Возвращает

true - если разница меньше точности, иначе false

См. определение в файле compare.h строка 90

6.3 Пространство имен SPML::LAP

Решение задачи о назначениях

Определения типов

- typedef int(* fp_function_t) (const unsigned, const std::vector< double > &, const std::vector< int > &, const std::vector< int > &, const int, int *, double *, int *, double, double)

Перечисления

- enum TSearchParam { SP_Min , SP_Max }

  Критерий поиска - минимум/максимум для задачи о назначениях
- enum TFindPath { FP_1 , FP_2 , FP_DYNAMIC }

  Способ нахождения пути в алгоритма JVC для ленточных матриц

Функции

- void JVCdense (const arma::mat &assigncost, int dim, TSearchParam sp, double maxcost, double resolution, arma::ivec &rowsol, double &lapcost)

  Метод Джонкера-Волгенанта-Кастаньона (Jonker-Volgenant-Castanon) решения задачи о назначениях для плотных матриц
- void JVCsparse (const std::vector< double > &cc, const std::vector< int > &kk, const std::vector< int > &ii, unsigned dim, TSearchParam sp, double maxcost, double resolution, arma::ivec &rowsol, double &lapcost, TFindPath fp=TFindPath::FP_1)

  Метод Джонкера-Волгенанта-Кастаньона (Jonker-Volgenant-Castanon) решения задачи о назначениях для разреженных матриц
- int JVCsparseNEW (const std::vector< double > &cc, const std::vector< int > &kk, const std::vector< int > &first, TSearchParam sp, double maxcost, double resolution, arma::ivec &rowsol, double &lapcost)
- void JVCsparse (const SPML::Sparse::CMatrixCSR< double > &csr, unsigned dim, TSearchParam sp, double maxcost, double resolution, arma::ivec &rowsol, double &lapcost, TFindPath fp=TFindPath::FP_DYNAMIC)

  Метод Джонкера-Волгенанта-Кастаньона (Jonker-Volgenant-Castanon) решения задачи о назначениях для разреженных матриц
- void Mack (const arma::mat &assigncost, int dim, TSearchParam sp, double maxcost, double resolution, arma::ivec &rowsol, double &lapcost)

  Метод Мака решения задачи о назначениях

- void Hungarian (const arma::mat &assigncost, int dim, TSearchParam sp, double maxcost, double resolution, arma::ivec &rowsol, double &lapcost)

  Венгерский метод решения задачи о назначениях (Метод Мункреса)
- void hungarian_step_1 (unsigned int &step, arma::mat &cost, const unsigned int &N)
- void hungarian_step_2 (unsigned int &step, const arma::mat &cost, arma::umat &indM, arma↩ ::ivec &rcov, arma::ivec &ccov, const unsigned int &N)
- void hungarian_step_3 (unsigned int &step, const arma::umat &indM, arma::ivec &ccov, const unsigned int &N)
- void hungarian_find_noncovered_zero (int &row, int &col, const arma::mat &cost, const arma↩ ::ivec &rcov, const arma::ivec &ccov, const unsigned int &N)
- bool hungarian_star_in_row (int &row, const arma::umat &indM, const unsigned int &N)
- void hungarian_find_star_in_row (const int &row, int &col, const arma::umat &indM, const unsigned int &N)
- void hungarian_step_4 (unsigned int &step, const arma::mat &cost, arma::umat &indM, arma↩ ::ivec &rcov, arma::ivec &ccov, int &rpath_0, int &cpath_0, const unsigned int &N)
- void hungarian_find_star_in_col (const int &col, int &row, const arma::umat &indM, const unsigned int &N)
- void hungarian_find_prime_in_row (const int &row, int &col, const arma::umat &indM, const unsigned int &N)
- void hungarian_augment_path (const int &path_count, arma::umat &indM, const arma::imat &path)
- void hungarian_clear_covers (arma::ivec &rcov, arma::ivec &ccov)
- void hungarian_erase_primes (arma::umat &indM, const unsigned int &N)
- void hungarian_step_5 (unsigned int &step, arma::umat &indM, arma::ivec &rcov, arma::ivec &ccov, arma::imat &path, int &rpath_0, int &cpath_0, const unsigned int &N)
- void hungarian_find_smallest (double &minval, const arma::mat &cost, const arma::ivec &rcov, const arma::ivec &ccov, const unsigned int &N)
- void hungarian_step_6 (unsigned int &step, arma::mat &cost, const arma::ivec &rcov, const arma::ivec &ccov, const unsigned int &N)
- int jvc_sparse_ccrrt_sparse_ (const unsigned n, const std::vector< double > &cc, const std↩ ::vector< int > &ii, const std::vector< int > &kk, int *free_rows, int *x, int *y, double *v, double maxcost, double resolution)
- int jvc_sparse_carr_sparse (const unsigned n, const std::vector< double > &cc, const std::vector< int > &ii, const std::vector< int > &kk, const unsigned n_free_rows, int *free_rows, int *x, int *y, double *v, double maxcost, double resolution)
- unsigned jvc_sparse_find_sparse_1 (const unsigned n, unsigned lo, double *d, int *cols, int *y, double resolution)
- int jvc_sparse_find_sparse_2 (double *d, int *scan, const unsigned n_todo, int *todo, bool *done, double maxcost, double resolution)
- int jvc_sparse_scan_sparse_1 (const unsigned n, const std::vector< double > &cc, const std↩ ::vector< int > &ii, const std::vector< int > &kk, unsigned *plo, unsigned *phi, double *d, int *cols, int *pred, int *y, double *v, double resolution)
- int jvc_sparse_scan_sparse_2 (const unsigned n, const std::vector< double > &cc, const std↩ ::vector< int > &ii, const std::vector< int > &kk, unsigned *plo, unsigned *phi, double *d, int *pred, bool *done, unsigned *pn_ready, int *ready, int *scan, unsigned *pn_todo, int *todo, bool *added, int *y, double *v, double resolution)
- int jvc_sparse_find_path_sparse_1 (const unsigned n, const std::vector< double > &cc, const std::vector< int > &ii, const std::vector< int > &kk, const int start_i, int *y, double *v, int *pred, double maxcost, double resolution)
- int jvc_sparse_find_path_sparse_2 (const unsigned n, const std::vector< double > &cc, const std::vector< int > &ii, const std::vector< int > &kk, const int start_i, int *y, double *v, int *pred, double maxcost, double resolution)
- int jvc_sparse_find_path_sparse_dynamic (const unsigned n, const std::vector< double > &cc, const std::vector< int > &ii, const std::vector< int > &kk, const int start_i, int *y, double *v, int *pred, double maxcost, double resolution)
- fp_function_t jvc_sparse_get_better_find_path (const unsigned n, const std::vector< int > &ii)

- int jvc_sparse_ca_sparse (const unsigned n, const std::vector< double > &cc, const std::vector< int > &ii, const std::vector< int > &kk, const unsigned n_free_rows, int *free_rows, int *x, int *y, double *v, int fp_version, double maxcost, double resolution)
- void updateDual (int nc, arma::vec &d, arma::vec &v, arma::ivec &todo, int last, double min_)
- void updateAssignments (arma::ivec &lab, arma::ivec &y, arma::ivec &x, int j, int i0)
- int solveForOneL (std::vector< double > &cc_, const std::vector< int > &kk, const std::vector< int > &first, int l, int nc, arma::vec &d, arma::ivec &ok, arma::ivec &free, arma::vec &v, arma::ivec &lab, arma::ivec &todo, arma::ivec &y, arma::ivec &x, int td1, double resolution, double maxcost, bool &fail)

6.3.1 Подробное описание

Решение задачи о назначениях

6.3.2 Типы

6.3.2.1 fp_function_t

typedef int(* SPML::LAP::fp_function_t) (const unsigned, const std::vector< double > &, const std::vector< int > &, const std::vector< int > &, const int, int *, double *, int *, double, double)
См. определение в файле lap_jvc_sparse.cpp строка 538

6.3.3 Перечисления

6.3.3.1 TFindPath

enum SPML::LAP::TFindPath
Способ нахождения пути в алгоритма JVC для ленточных матриц

Элементы перечислений

FP_1	
FP_2	
FP_DYNAMIC	

См. определение в файле lap.h строка 41

6.3.3.2 TSearchParam

enum SPML::LAP::TSearchParam
Критерий поиска - минимум/максимум для задачи о назначениях

Элементы перечислений

SP_Min	Поиск минимума
SP_Max	Поиск максимума

См. определение в файле lap.h строка 31

6.3.4 Функции

6.3.4.1 Hungarian()

void SPML::LAP::Hungarian (
const arma::mat & assigncost,
int dim,
TSearchParam sp,
double maxcost,
double resolution,
arma::ivec & rowsol,
double & lapcost)

Венгерский метод решения задачи о назначениях (Метод Мункреса)
Источник: https://github.com/RcppCore/rcpp-gallery/blob/gh-pages/src/2013-09-24-minimal-assignment.cpp

Аргументы

in	assigncost	- квадратная матрица ценности, размер [dim,dim]
in	dim	- порядок квадратной матрицы ценности и размерность результата res соответственно
in	sp	- критерий поиска (минимум/максимум)
out	rowsol	- результат задачи о назначениях, размерность [dim] (индекс макс/мин элемента в i-ой строке) rowsol[i] = j --> в i-ой строке выбран j-ый элемент

At last, we must create a function that enables us to jump around the different steps of the algorithm. The following code shows the main function of the algorithm. It defines also the important variables to be passed to the different steps.
См. определение в файле lap_hungarian.cpp строка 384

6.3.4.2 hungarian_augment_path()

void SPML::LAP::hungarian_augment_path (
const int & path_count,
arma::umat & indM,
const arma::imat & path)

In addition we need a function to augment the path, one to clear the covers from rows and one to erase the primed zeros from the indicator matrix indM.
См. определение в файле lap_hungarian.cpp строка 261

6.3.4.3 hungarian_clear_covers()

void SPML::LAP::hungarian_clear_covers (
arma::ivec & rcov,
arma::ivec & ccov)

См. определение в файле lap_hungarian.cpp строка 273

6.3.4.4 hungarian_erase_primes()

void SPML::LAP::hungarian_erase_primes (
arma::umat & indM,
const unsigned int & N)

См. определение в файле lap_hungarian.cpp строка 279

6.3.4.5 hungarian_find_noncovered_zero()

void SPML::LAP::hungarian_find_noncovered_zero (

```
int & row,
int & col,
const arma::mat & cost,
const arma::ivec & rcov,
const arma::ivec & ccov,
const unsigned int & N )
```

We cover a column by looking for 1s in the indicator matrix indM (See step 2 for assuring that these are indeed only starred zeros).
Step 4 finds noncovered zeros and primes them. If there are zeros in a row and none of them is starred, prime them. For this task we program a helper function to keep the code more readable and reusable. The helper function searches for noncovered zeros.
См. определение в файле lap_hungarian.cpp строка 110

6.3.4.6 hungarian_find_prime_in_row()

```
void SPML::LAP::hungarian_find_prime_in_row (
    const int & row,
    int & col,
    const arma::umat & indM,
    const unsigned int & N )
```

Then we need a function to find a primed zero in a row. Note, that these tasks are easily performed by searching the indicator matrix indM.
См. определение в файле lap_hungarian.cpp строка 247

6.3.4.7 hungarian_find_smallest()

```
void SPML::LAP::hungarian_find_smallest (
    double & minval,
    const arma::mat & cost,
    const arma::ivec & rcov,
    const arma::ivec & ccov,
    const unsigned int & N )
```

Recall, if step 4 was successfull in uncovering all columns and covering all rows with a primed zero, it then calls step 6. Step 6 takes the cover vectors rcov and ccov and looks in the uncovered region of the cost matrix for the smallest value. It then subtracts this value from each element in an uncovered column and adds it to each element in a covered row. After this transformation, the algorithm starts again at step 4. Our last helper function searches for the smallest value in the uncovered region of the cost matrix.
См. определение в файле lap_hungarian.cpp строка 342

6.3.4.8 hungarian_find_star_in_col()

```
void SPML::LAP::hungarian_find_star_in_col (
    const int & col,
    int & row,
    const arma::umat & indM,
    const unsigned int & N )
```

Notice the rpath_0 and cpath_0 variables. These integer variables store the first vertex for an augmenting path in step 5. If zeros could be primed we go further to step 5.
Step 5 constructs a path beginning at an uncovered primed zero (this is actually graph theory - alternating and augmenting paths) and alternating between starred and primed zeros. This path is continued until a primed zero with no starred zero in its column is found. Then, all starred zeros in this path are unstarred and all primed zeros are starred. All primes in the indicator matrix are erased and all rows are uncovered. Then return to step 3 to cover again columns.
Step 5 needs several helper functions. First, we need a function to find starred zeros in columns.
См. определение в файле lap_hungarian.cpp строка 232

6.3.4.9 hungarian_find_star_in_row()

```
void SPML::LAP::hungarian_find_star_in_row (
        const int & row,
        int & col,
        const arma::umat & indM,
        const unsigned int & N )
```

См. определение в файле lap_hungarian.cpp строка 165

6.3.4.10 hungarian_star_in_row()

```
bool SPML::LAP::hungarian_star_in_row (
        int & row,
        const arma::umat & indM,
        const unsigned int & N )
```

We can detect noncovered zeros by checking if the cost matrix contains at row r and column c a zero and row and column are not covered yet, i.e. rcov(r) == 0, ccov(c) == 0. This loop breaks, if we have found our first uncovered zero or no uncovered zero at all.
In step 4, if no uncovered zero is found we go to step 6. If instead an uncovered zero has been found, we set the indicator matrix at its position to 2. We then have to search for a starred zero in the row with the uncovered zero, uncover the column with the starred zero and cover the row with the starred zero. To indicate a starred zero in a row and to find it we create again two helper functions.
См. определение в файле lap_hungarian.cpp строка 153

6.3.4.11 hungarian_step_1()

```
void SPML::LAP::hungarian_step_1 (
        unsigned int & step,
        arma::mat & cost,
        const unsigned int & N )
```

См. определение в файле lap_hungarian.cpp строка 18

6.3.4.12 hungarian_step_2()

```
void SPML::LAP::hungarian_step_2 (
        unsigned int & step,
        const arma::mat & cost,
        arma::umat & indM,
        arma::ivec & rcov,
        arma::ivec & ccov,
        const unsigned int & N )
```

Note, that we use references for all function arguments. As we have to switch between the steps of the algorithm continously, we always must be able to determine which step should be chosen next. Therefore we give a mutable unsigned integer step as an argument to each step function of the algorithm.
Inside the function we can easily access a whole row by Armadillo's row() method for matrices. In the second step, we then search for a zero in the modified cost matrix of step one.
См. определение в файле lap_hungarian.cpp строка 39

6.3.4.13 hungarian_step_3()

```
void SPML::LAP::hungarian_step_3 (
        unsigned int & step,
        const arma::umat & indM,
        arma::ivec & ccov,
        const unsigned int & N )
```

Only the first zero in a row is taken. Then, the indicator matrix indM indicates this zero by setting the corresponding element at (r, c) to 1. A unique zero - the only or first one in a column and row - is called starred zero. In step 2 we find such a starred zero.
Note, that we use here Armadillo's element access via the method at(), which makes no bound checks and improves performance.
Note Bene: This code is thoroughly debugged - never do this for fresh written code!
In step 3 we cover each column with a starred zero. If already N columns are covered all starred zeros describe a complete assignment - so, go to step 7 and finish. Otherwise go to step 4.
См. определение в файле lap_hungarian.cpp строка 77

6.3.4.14 hungarian_step_4()

```
void SPML::LAP::hungarian_step_4 (
                unsigned int & step,
                const arma::mat & cost,
                arma::umat & indM,
                arma::ivec & rcov,
                arma::ivec & ccov,
                int & rpath_0,
                int & cpath_0,
                const unsigned int & N )
```

We know that starred zeros are indicated by the indicator matrix containing an element equal to 1. Now, step 4.
См. определение в файле lap_hungarian.cpp строка 180

6.3.4.15 hungarian_step_5()

```
void SPML::LAP::hungarian_step_5 (
                unsigned int & step,
                arma::umat & indM,
                arma::ivec & rcov,
                arma::ivec & ccov,
                arma::imat & path,
                int & rpath_0,
                int & cpath_0,
                const unsigned int & N )
```

The function to augment the path gets an integer matrix path of dimension $2 * N$ x 2. In it all vertices between rows and columns are stored row-wise. Now, we can set the complete step 5:
См. определение в файле lap_hungarian.cpp строка 296

6.3.4.16 hungarian_step_6()

```
void SPML::LAP::hungarian_step_6 (
                unsigned int & step,
                arma::mat & cost,
                const arma::ivec & rcov,
                const arma::ivec & ccov,
                const unsigned int & N )
```

Step 6 looks as follows:
См. определение в файле lap_hungarian.cpp строка 359

6.3.4.17 jvc_sparse_ca_sparse()

```
int SPML::LAP::jvc_sparse_ca_sparse (
                const unsigned n,
                const std::vector< double > & cc,
```

```
const std::vector< int > & ii,
const std::vector< int > & kk,
const unsigned n_free_rows,
int * free_rows,
int * x,
int * y,
double * v,
int fp_version,
double maxcost,
double resolution )
```

См. определение в файле lap_jvc_sparse.cpp строка 554

6.3.4.18 jvc_sparse_carr_sparse()

```
int SPML::LAP::jvc_sparse_carr_sparse (
const unsigned n,
const std::vector< double > & cc,
const std::vector< int > & ii,
const std::vector< int > & kk,
const unsigned n_free_rows,
int * free_rows,
int * x,
int * y,
double * v,
double maxcost,
double resolution )
```

См. определение в файле lap_jvc_sparse.cpp строка 86

6.3.4.19 jvc_sparse_ccrrt_sparse_()

```
int SPML::LAP::jvc_sparse_ccrrt_sparse_ (
const unsigned n,
const std::vector< double > & cc,
const std::vector< int > & ii,
const std::vector< int > & kk,
int * free_rows,
int * x,
int * y,
double * v,
double maxcost,
double resolution )
```

См. определение в файле lap_jvc_sparse.cpp строка 20

6.3.4.20 jvc_sparse_find_path_sparse_1()

```
int SPML::LAP::jvc_sparse_find_path_sparse_1 (
const unsigned n,
const std::vector< double > & cc,
const std::vector< int > & ii,
const std::vector< int > & kk,
const int start_i,
int * y,
double * v,
int * pred,
double maxcost,
double resolution )
```

См. определение в файле lap_jvc_sparse.cpp строка 347

6.3.4.21 jvc_sparse_find_path_sparse_2()

```
int SPML::LAP::jvc_sparse_find_path_sparse_2 (
                const unsigned n,
                const std::vector< double > & cc,
                const std::vector< int > & ii,
                const std::vector< int > & kk,
                const int start_i,
                int * y,
                double * v,
                int * pred,
                double maxcost,
                double resolution )
```

См. определение в файле lap_jvc_sparse.cpp строка 411

6.3.4.22 jvc_sparse_find_path_sparse_dynamic()

```
int SPML::LAP::jvc_sparse_find_path_sparse_dynamic (
                const unsigned n,
                const std::vector< double > & cc,
                const std::vector< int > & ii,
                const std::vector< int > & kk,
                const int start_i,
                int * y,
                double * v,
                int * pred,
                double maxcost,
                double resolution )
```

См. определение в файле lap_jvc_sparse.cpp строка 526

6.3.4.23 jvc_sparse_find_sparse_1()

```
unsigned SPML::LAP::jvc_sparse_find_sparse_1 (
                const unsigned n,
                unsigned lo,
                double * d,
                int * cols,
                int * y,
                double resolution )
```

См. определение в файле lap_jvc_sparse.cpp строка 165

6.3.4.24 jvc_sparse_find_sparse_2()

```
int SPML::LAP::jvc_sparse_find_sparse_2 (
                double * d,
                int * scan,
                const unsigned n_todo,
                int * todo,
                bool * done,
                double maxcost,
                double resolution )
```

См. определение в файле lap_jvc_sparse.cpp строка 185

6.3.4.25 jvc_sparse_get_better_find_path()

```
fp_function_t SPML::LAP::jvc_sparse_get_better_find_path (
                const unsigned n,
                const std::vector< int > & ii )
```

См. определение в файле lap_jvc_sparse.cpp строка 541

6.3.4.26 jvc_sparse_scan_sparse_1()

```
int SPML::LAP::jvc_sparse_scan_sparse_1 (
                const unsigned n,
                const std::vector< double > & cc,
                const std::vector< int > & ii,
                const std::vector< int > & kk,
                unsigned * plo,
                unsigned * phi,
                double * d,
                int * cols,
                int * pred,
                int * y,
                double * v,
                double resolution )
```

См. определение в файле lap_jvc_sparse.cpp строка 207

6.3.4.27 jvc_sparse_scan_sparse_2()

```
int SPML::LAP::jvc_sparse_scan_sparse_2 (
                const unsigned n,
                const std::vector< double > & cc,
                const std::vector< int > & ii,
                const std::vector< int > & kk,
                unsigned * plo,
                unsigned * phi,
                double * d,
                int * pred,
                bool * done,
                unsigned * pn_ready,
                int * ready,
                int * scan,
                unsigned * pn_todo,
                int * todo,
                bool * added,
                int * y,
                double * v,
                double resolution )
```

См. определение в файле lap_jvc_sparse.cpp строка 273

6.3.4.28 JVCdense()

```
void SPML::LAP::JVCdense (
                const arma::mat & assigncost,
                int dim,
                TSearchParam sp,
                double maxcost,
                double resolution,
                arma::ivec & rowsol,
                double & lapcost )
```

Метод Джонкера-Волгенанта-Кастаньона (Jonker-Volgenant-Castanon) решения задачи о назначениях для плотных матриц
Источники: 1) "A Shortest Augmenting Path Algorithm for Dense and Sparse Linear Assignment Problems," Computing 38, 325-340, 1987 by R. Jonker and A. Volgenant, University of Amsterdam. 2) https://github.com/yongyanghz/LAPJV-algorithm-c 3) https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/26836 lapjv-jonker-volgenant-algorithm-for-linear-assignment-problem-v3-0

Прим.

- Оригинальный код R. Jonker and A. Volgenant [1] для целых чисел адаптирован под вещественные

  - Метод подразделен на 4 процедуры в соответствии с модификацией Castanon:
    - COLUMN REDUCTION
    - REDUCTION TRANSFER
    - AUGMENTING ROW REDUCTION - аукцион
    - AUGMENT SOLUTION FOR EACH FREE ROW на основе алгоритма Dijkstra
  - Правки из [3] касающиеся точности сравнения вещественных чисел

Аргументы

in	assigncost	- квадратная матрица ценности, размер [dim,dim]
in	dim	- порядок квадратной матрицы ценности и размерность результата res соответственно
in	sp	- критерий поиска (минимум/максимум)
in	maxcost	- модуль максимального элемента матрицы assigncost
in	resolution	- точность для сравнения двух вещественных чисел
out	rowsol	- результат задачи о назначениях, размерность [dim] (индекс макс/мин элемента в i-ой строке) rowsol[i] = j --> в i-ой строке выбран j-ый элемент
out	lapcost	- сумма назначенных элементов матрицы ценности assigncost

См. определение в файле lap_jvc_dense.cpp строка 18

6.3.4.29 JVCsparse() [1/2]

```
void SPML::LAP::JVCsparse (
        const SPML::Sparse::CMatrixCSR< double > & csr,
        unsigned dim,
        TSearchParam sp,
        double maxcost,
        double resolution,
        arma::ivec & rowsol,
        double & lapcost,
        TFindPath fp = TFindPath::FP_DYNAMIC )
```

Метод Джонкера-Волгенанта-Кастаньона (Jonker-Volgenant-Castanon) решения задачи о назначениях для разреженных матриц

Аргументы

in	csr	- матрица в CSR формате (Compressed Sparse Row Yale format)
in	dim	- порядок квадратной матрицы ценности и размерность результата res соответственно
in	sp	- критерий поиска (минимум/максимум)
in	maxcost	- модуль максимального элемента матрицы assigncost

Аргументы

in	resolution	- точность для сравнения двух вещественных чисел
out	rowsol	- результат задачи о назначениях, размерность [dim] (индекс макс/мин элемента в i-ой строке) rowsol[i] = j --> в i-ой строке выбран j-ый элемент
out	lapcost	- сумма назначенных элементов матрицы ценности assigncost
in	fp	- find path mode (FP_DYNAMIC - default)

См. определение в файле lap_jvc_sparse.cpp строка 649

6.3.4.30 JVCsparse() [2/2]

```
void SPML::LAP::JVCsparse (
        const std::vector< double > & cc,
        const std::vector< int > & kk,
        const std::vector< int > & ii,
        unsigned dim,
        TSearchParam sp,
        double maxcost,
        double resolution,
        arma::ivec & rowsol,
        double & lapcost,
        TFindPath fp = TFindPath::FP_1 )
```

Метод Джонкера-Волгенанта-Кастаньона (Jonker-Volgenant-Castanon) решения задачи о назначениях для разреженных матриц

Аргументы

in	cc	-
in	kk	-
in	ii	-
in	dim	- порядок квадратной матрицы ценности и размерность результата res соответственно
in	sp	- критерий поиска (минимум/максимум)
in	maxcost	- модуль максимального элемента матрицы assigncost
in	resolution	- точность для сравнения двух вещественных чисел
out	rowsol	- результат задачи о назначениях, размерность [dim] (индекс макс/мин элемента в i-ой строке) rowsol[i] = j --> в i-ой строке выбран j-ый элемент
out	lapcost	- сумма назначенных элементов матрицы ценности assigncost
in	fp	- find path mode (FP_DYNAMIC - default)

См. определение в файле lap_jvc_sparse.cpp строка 603

6.3.4.31 JVCsparseNEW()

```
int SPML::LAP::JVCsparseNEW (
        const std::vector< double > & cc,
        const std::vector< int > & kk,
        const std::vector< int > & first,
        TSearchParam sp,
        double maxcost,
        double resolution,
        arma::ivec & rowsol,
```

double & lapcost)

См. определение в файле lap_jvc_sparse2.cpp строка 150

6.3.4.32 Mack()

void SPML::LAP::Mack (
const arma::mat & assigncost,
int dim,
TSearchParam sp,
double maxcost,
double resolution,
arma::ivec & rowsol,
double & lapcost)

Метод Мака решения задачи о назначениях
Источник: Банди Б. Основы линейного программирования: Пер. с англ. - М.:Радио м связь, 1989, стр 113-123

Аргументы

in	assigncost	- квадратная матрица ценности, размер [dim,dim]
in	dim	- порядок квадратной матрицы ценности и размерность результата res соответственно
in	sp	- критерий поиска (минимум/максимум)
out	rowsol	- результат задачи о назначениях, размерность [dim] (индекс макс/мин элемента в i-ой строке) rowsol[i] = j --> в i-ой строке выбран j-ый элемент

См. определение в файле lap_mack.cpp строка 18

6.3.4.33 solveForOneL()

int SPML::LAP::solveForOneL (
std::vector< double > & cc_,
const std::vector< int > & kk,
const std::vector< int > & first,
int l,
int nc,
arma::vec & d,
arma::ivec & ok,
arma::ivec & free,
arma::vec & v,
arma::ivec & lab,
arma::ivec & todo,
arma::ivec & y,
arma::ivec & x,
int td1,
double resolution,
double maxcost,
bool & fail)

См. определение в файле lap_jvc_sparse2.cpp строка 47

6.3.4.34 updateAssignments()

void SPML::LAP::updateAssignments (
arma::ivec & lab,
arma::ivec & y,

arma::ivec & x,
int j,
int i0)

См. определение в файле lap_jvc_sparse2.cpp строка 27

6.3.4.35 updateDual()

void SPML::LAP::updateDual (
int nc,
arma::vec & d,
arma::vec & v,
arma::ivec & todo,
int last,
double min_)

См. определение в файле lap_jvc_sparse2.cpp строка 18

6.4 Пространство имен SPML::Sparse

Разреженные матрицы

Классы

- struct CKeyCOO

  Ключ элемента Aij матрицы A в COO формате (Coordinate list)
- struct CMatrixCOO

  Структура хранения матрицы в COO формате (Coordinate list)
- struct CMatrixCSC

  Структура хранения матрицы в CSC формате (Compressed Sparse Column Yale format)
- struct CMatrixCSR

  Структура хранения матрицы в CSR формате (Compressed Sparse Row Yale format)

Функции

- void MatrixDenseToCOO (const arma::mat &A, std::vector< double > &coo_val, std::vector< int > &coo_row, std::vector< int > &coo_col)

  Преобразование плотной матрицы в COO формат (Coordinated list)
- template<typename T >
  void MatrixDenseToCOO (const arma::mat &A, CMatrixCOO< T > &COO)

  Преобразование плотной матрицы в COO формат (Coordinated list)
- void MatrixCOOtoDense (const std::vector< double > &coo_val, const std::vector< int > &coo↩_row, const std::vector< int > &coo_col, arma::mat &A)

  Преобразование матрицы из COO формата (Coordinated list) в плотную матрицу
- template<typename T >
  void MatrixCOOtoDense (const CMatrixCOO< T > &COO, arma::mat &A)

  Преобразование матрицы из COO формата (Coordinated list) в плотную матрицу
- void MatrixDenseToCSR (const arma::mat &A, std::vector< double > &csr_val, std::vector< int > &csr_first, std::vector< int > &csr_kk)

  Преобразование плотной матрицы в CSR формат (Compressed Sparse Row Yale format)
- template<typename T >
  void MatrixDenseToCSR (const arma::mat &A, CMatrixCSR< T > &CSR)

  Преобразование плотной матрицы в CSR формат (Compressed Sparse Row Yale format)
- void MatrixCSRtoDense (const std::vector< double > &csr_val, const std::vector< int > &csr_↩first, const std::vector< int > &csr_kk, arma::mat &A)

  Преобразование матрицы из CSR формата (Compressed Sparse Row Yale format) в плотную матрицу

- template<typename T >
  void MatrixCSRtoDense (const CMatrixCSR< T > &CSR, arma::mat &A)

  Преобразование матрицы из CSR формата (Compressed Sparse Row Yale format) в плотную матрицу
- void MatrixDenseToCSC (const arma::mat &A, std::vector< double > &csc_val, std::vector< int > &csc_first, std::vector< int > &csc_kk)

  Преобразование плотной матрицы в CSC формат (Compressed Sparse Column Yale format)
- template<typename T >
  void MatrixDenseToCSC (const arma::mat &A, CMatrixCSC< T > &CSC)

  Преобразование плотной матрицы в CSC формат (Compressed Sparse Column Yale format)
- void MatrixCSCtoDense (const std::vector< double > &csc_val, const std::vector< int > &csc↩_first, const std::vector< int > &csc_kk, arma::mat &A)

  Преобразование матрицы из CSC формата (Compressed Sparse Column Yale format) в плотную матрицу
- template<typename T >
  void MatrixCSCtoDense (const CMatrixCSC< T > &CSC, arma::mat &A)

  Преобразование матрицы из CSC формата (Compressed Sparse Column Yale format) в плотную матрицу
- void MatrixCOOtoCSR (const std::vector< double > &coo_val, const std::vector< int > &coo↩_row, const std::vector< int > &coo_col, std::vector< double > &csr_val, std::vector< int > &csr_first, std::vector< int > &csr_kk, bool sorted=false)

  Преобразование матрицы в COO формате (Coordinate list) в CSR формат (Compressed Sparse Row Yale format)
- template<typename T >
  void MatrixCOOtoCSR (const CMatrixCOO< T > &COO, CMatrixCSR< T > &CSR, bool sorted=false)

  Преобразование матрицы в COO формате (Coordinate list) в CSR формат (Compressed Sparse Row Yale format)
- void MatrixCOOtoCSC (const std::vector< double > &coo_val, const std::vector< int > &coo↩_row, const std::vector< int > &coo_col, std::vector< double > &csc_val, std::vector< int > &csc_first, std::vector< int > &csc_kk, bool sorted=false)

  Преобразование матрицы в COO формате (Coordinate list) в CSC формат (Compressed Sparse Column Yale format)
- template<typename T >
  void MatrixCOOtoCSC (const CMatrixCOO< T > &COO, CMatrixCSC< T > &CSC, bool sorted=false)

  Преобразование матрицы в COO формате (Coordinate list) в CSC формат (Compressed Sparse Column Yale format)

6.4.1 Подробное описание

Разреженные матрицы
Решение задачи о назначениях

6.4.2 Функции

6.4.2.1 MatrixCOOtoCSC() [1/2]

```
template<typename T >
void SPML::Sparse::MatrixCOOtoCSC (
            const CMatrixCOO< T > & COO,
            CMatrixCSC< T > & CSC,
            bool sorted = false )
```

Преобразование матрицы в COO формате (Coordinate list) в CSC формат (Compressed Sparse Column Yale format)

Аргументы

in	COO	- матрица в COO формате (Coordinate list)
out	CSC	- матрица в CSR формате (Compressed Sparse Column Yale format)
in	sorted	- признак отсортированности COO входа по столбцам (даёт ускорение в ∼2 раза)

См. определение в файле sparse.h строка 327

6.4.2.2 MatrixCOOtoCSC() [2/2]

```
void SPML::Sparse::MatrixCOOtoCSC (
        const std::vector< double > & coo_val,
        const std::vector< int > & coo_row,
        const std::vector< int > & coo_col,
        std::vector< double > & csc_val,
        std::vector< int > & csc_first,
        std::vector< int > & csc_kk,
        bool sorted = false )
```

Преобразование матрицы в COO формате (Coordinate list) в CSC формат (Compressed Sparse Column Yale format)

Аргументы

in	coo_val	- вектор ненулевых элементов матрицы A, размер равен количеству ненулевых элементов nnz
in	coo_row	- индексы строк ненулевых элементов, размер nnz
in	coo_col	- индексы столбцов ненулевых элементов, размер nnz
in	csc_val	- вектор ненулевых элементов матрицы A, размер равен количеству ненулевых элементов nnz
in	csc_first	- вектор индексов строк ненулевых элементов, размер равен количеству ненулевых элементов nnz
in	csc_kk	- вектор начальных смещений в векторе CSR, размер m+1
in	sorted	- признак отсортированности COO входа по столбцам (даёт ускорение в ∼2 раза)

См. определение в файле sparse.cpp строка 225

6.4.2.3 MatrixCOOtoCSR() [1/2]

```
template<typename T >
void SPML::Sparse::MatrixCOOtoCSR (
        const CMatrixCOO< T > & COO,
        CMatrixCSR< T > & CSR,
        bool sorted = false )
```

Преобразование матрицы в COO формате (Coordinate list) в CSR формат (Compressed Sparse Row Yale format)

Аргументы

in	COO	- матрица в COO формате (Coordinate list)
out	CSR	- матрица в CSR формате (Compressed Sparse Row Yale format)
in	sorted	- признак отсортированности COO входа по строкам (даёт ускорение в ∼2 раза)

См. определение в файле sparse.h строка 292

6.4.2.4 MatrixCOOtoCSR() [2/2]

```
void SPML::Sparse::MatrixCOOtoCSR (
        const std::vector< double > & coo_val,
        const std::vector< int > & coo_row,
        const std::vector< int > & coo_col,
        std::vector< double > & csr_val,
        std::vector< int > & csr_first,
        std::vector< int > & csr_kk,
        bool sorted = false )
```

Преобразование матрицы в COO формате (Coordinate list) в CSR формат (Compressed Sparse Row Yale format)

Аргументы

in	coo_val	- вектор ненулевых элементов матрицы A, размер равен количеству ненулевых элементов nnz
in	coo_row	- индексы строк ненулевых элементов, размер nnz
in	coo_col	- индексы столбцов ненулевых элементов, размер nnz
in	csr_val	- вектор ненулевых элементов матрицы A, размер равен количеству ненулевых элементов nnz
in	csr_first	- вектор индексов колонок ненулевых элементов, размер равен количеству ненулевых элементов nnz
in	csr_kk	- вектор начальных смещений в векторе CSR, размер n+1
in	sorted	- признак отсортированности COO входа по строкам (даёт ускорение в ~2 раза)

См. определение в файле sparse.cpp строка 153

6.4.2.5 MatrixCOOtoDense() [1/2]

```
template<typename T >
void SPML::Sparse::MatrixCOOtoDense (
        const CMatrixCOO< T > & COO,
        arma::mat & A )
```

Преобразование матрицы из COO формата (Coordinated list) в плотную матрицу

Аргументы

in	COO	- структура хранения матрицы в COO формате (Coordinate list)
out	A	- плотная матрица, размер [n,m] (n - число строк, m - число столбцов)

См. определение в файле sparse.h строка 136

6.4.2.6 MatrixCOOtoDense() [2/2]

```
void SPML::Sparse::MatrixCOOtoDense (
        const std::vector< double > & coo_val,
        const std::vector< int > & coo_row,
        const std::vector< int > & coo_col,
        arma::mat & A )
```

Преобразование матрицы из COO формата (Coordinated list) в плотную матрицу

Аргументы

in	coo_val	- вектор ненулевых элементов матрицы A, размер равен количеству ненулевых элементов nnz
in	coo_row	- индексы строк ненулевых элементов, размер nnz
in	coo_col	- индексы столбцов ненулевых элементов, размер nnz
out	A	- плотная матрица, размер [n,m] (n - число строк, m - число столбцов)

См. определение в файле sparse.cpp строка 43

6.4.2.7 MatrixCSCtoDense() [1/2]

```
template<typename T >
void SPML::Sparse::MatrixCSCtoDense (
        const CMatrixCSC< T > & CSC,
        arma::mat & A )
```

Преобразование матрицы из CSC формата (Compressed Sparse Column Yale format) в плотную матрицу

Аргументы

in	CSC	- структура хранения матрицы в CSC формате (Compressed Sparse Column Yale format)
out	A	- плотная матрица, размер [n,m] (n - число строк, m - число столбцов)

См. определение в файле sparse.h строка 256

6.4.2.8 MatrixCSCtoDense() [2/2]

```
void SPML::Sparse::MatrixCSCtoDense (
        const std::vector< double > & csc_val,
        const std::vector< int > & csc_first,
        const std::vector< int > & csc_kk,
        arma::mat & A )
```

Преобразование матрицы из CSC формата (Compressed Sparse Column Yale format) в плотную матрицу

Аргументы

in	csc_val	- вектор ненулевых элементов матрицы A, размер равен количеству ненулевых элементов nnz
in	csc_first	- вектор индексов строк ненулевых элементов, размер равен количеству ненулевых элементов nnz
in	csc_kk	- вектор начальных смещений в векторе CSR, размер m+1
out	A	- плотная матрица, размер [n,m] (n - число строк, m - число столбцов)

См. определение в файле sparse.cpp строка 135

6.4.2.9 MatrixCSRtoDense() [1/2]

```
template<typename T >
void SPML::Sparse::MatrixCSRtoDense (
        const CMatrixCSR< T > & CSR,
```

arma::mat & A)

Преобразование матрицы из CSR формата (Compressed Sparse Row Yale format) в плотную матрицу

Аргументы

in	CSR	- структура хранения матрицы в CSR формате (Compressed Sparse Row Yale format)
out	A	- плотная матрица, размер [n,m] (n - число строк, m - число столбцов)

См. определение в файле sparse.h строка 196

6.4.2.10 MatrixCSRtoDense() [2/2]

void SPML::Sparse::MatrixCSRtoDense (
const std::vector< double > & csr_val,
const std::vector< int > & csr_first,
const std::vector< int > & csr_kk,
arma::mat & A)

Преобразование матрицы из CSR формата (Compressed Sparse Row Yale format) в плотную матрицу

Аргументы

in	csr_val	- вектор ненулевых элементов матрицы A, размер равен количеству ненулевых элементов nnz
in	csr_first	- вектор индексов колонок ненулевых элементов, размер равен количеству ненулевых элементов nnz
in	csr_kk	- вектор начальных смещений в векторе CSR, размер n+1
out	A	- плотная матрица, размер [n,m] (n - число строк, m - число столбцов)

См. определение в файле sparse.cpp строка 87

6.4.2.11 MatrixDenseToCOO() [1/2]

template<typename T >
void SPML::Sparse::MatrixDenseToCOO (
const arma::mat & A,
CMatrixCOO< T > & COO)

Преобразование плотной матрицы в COO формат (Coordinated list)

Аргументы

in	A	- исходная матрица, размер [n,m] (n - число строк, m - число столбцов)
out	COO	- структура хранения матрицы в COO формате (Coordinate list)

См. определение в файле sparse.h строка 107

6.4.2.12 MatrixDenseToCOO() [2/2]

void SPML::Sparse::MatrixDenseToCOO (
const arma::mat & A,
std::vector< double > & coo_val,
std::vector< int > & coo_row,
std::vector< int > & coo_col)

Преобразование плотной матрицы в COO формат (Coordinated list)

Аргументы

in	A	- исходная матрица, размер [n,m] (n - число строк, m - число столбцов)
out	coo_val	- вектор ненулевых элементов матрицы A, размер nnz
out	coo_row	- индексы строк ненулевых элементов, размер nnz
out	coo_col	- индексы столбцов ненулевых элементов, размер nnz

См. определение в файле sparse.cpp строка 20

6.4.2.13 MatrixDenseToCSC() [1/2]

```
template<typename T >
void SPML::Sparse::MatrixDenseToCSC (
        const arma::mat & A,
        CMatrixCSC< T > & CSC )
```

Преобразование плотной матрицы в CSC формат (Compressed Sparse Column Yale format)

Аргументы

in	A	- исходная матрица, размер [n,m] (n - число строк, m - число столбцов)
out	CSC	- структура хранения матрицы в CSC формате (Compressed Sparse Column Yale format)

См. определение в файле sparse.h строка 227

6.4.2.14 MatrixDenseToCSC() [2/2]

```
void SPML::Sparse::MatrixDenseToCSC (
        const arma::mat & A,
        std::vector< double > & csc_val,
        std::vector< int > & csc_first,
        std::vector< int > & csc_kk )
```

Преобразование плотной матрицы в CSC формат (Compressed Sparse Column Yale format)
Данный способ хранения эффективен, если кол-во ненулевых элементов NNZ<(m∗(n-1)-1)/2

Аргументы

in	A	- исходная матрица, размер [n,m] (n - число строк, m - число столбцов)
out	csc_val	- вектор ненулевых элементов матрицы A, размер равен количеству ненулевых элементов nnz
out	csc_first	- вектор индексов строк ненулевых элементов, размер равен количеству ненулевых элементов nnz
out	csc_kk	- вектор начальных смещений в векторе CSR, размер m+1

См. определение в файле sparse.cpp строка 105

6.4.2.15 MatrixDenseToCSR() [1/2]

```
template<typename T >
void SPML::Sparse::MatrixDenseToCSR (
        const arma::mat & A,
        CMatrixCSR< T > & CSR )
```

Преобразование плотной матрицы в CSR формат (Compressed Sparse Row Yale format)

Аргументы

in	A	- исходная матрица, размер [n,m] (n - число строк, m - число столбцов)
out	CSR	- структура хранения матрицы в CSR формате (Compressed Sparse Row Yale format)

См. определение в файле sparse.h строка 167

6.4.2.16 MatrixDenseToCSR() [2/2]

void SPML::Sparse::MatrixDenseToCSR (
const arma::mat & A,
std::vector< double > & csr_val,
std::vector< int > & csr_first,
std::vector< int > & csr_kk)

Преобразование плотной матрицы в CSR формат (Compressed Sparse Row Yale format)
Данный способ хранения эффективен, если кол-во ненулевых элементов NNZ<(m∗(n-1)-1)/2

Аргументы

in	A	- исходная матрица, размер [n,m] (n - число строк, m - число столбцов)
out	csr_val	- вектор ненулевых элементов матрицы A, размер равен количеству ненулевых элементов nnz
out	csr_first	- вектор индексов колонок ненулевых элементов, размер равен количеству ненулевых элементов nnz
out	csr_kk	- вектор начальных смещений в векторе CSR, размер n+1

См. определение в файле sparse.cpp строка 57

Раздел 7

Классы

7.1 Структура SPML::Sparse::CKeyCOO

Ключ элемента Aij матрицы A в COO формате (Coordinate list)
#include <sparse.h>

Открытые члены

- int i () const
  i - индекс строки
- int j () const
  j - индекс столбца
- CKeyCOO ()
  Конструктор по умолчанию
- CKeyCOO (int i, int j)
  Параметрический конструктор
- bool operator< (CKeyCOO const &other) const

7.1.1 Подробное описание

Ключ элемента Aij матрицы A в COO формате (Coordinate list)

Внимание

Оператор < перегружен для случая построчного хранения

См. определение в файле sparse.h строка 343

7.1.2 Конструктор(ы)

7.1.2.1 CKeyCOO() [1/2]

SPML::Sparse::CKeyCOO::CKeyCOO ( ) [inline]
Конструктор по умолчанию
См. определение в файле sparse.h строка 359

7.1.2.2 CKeyCOO() [2/2]

SPML::Sparse::CKeyCOO::CKeyCOO (
int i,
int j) [inline]
Параметрический конструктор

Аргументы

in	i	- индекс строки
in	j	- индекс столбца

См. определение в файле sparse.h строка 366

7.1.3 Методы

7.1.3.1 i()

int SPML::Sparse::CKeyCOO::i ( ) const [inline]
i - индекс строки
См. определение в файле sparse.h строка 349

7.1.3.2 j()

int SPML::Sparse::CKeyCOO::j ( ) const [inline]
j - индекс столбца
См. определение в файле sparse.h строка 354

7.1.3.3 operator<()

bool SPML::Sparse::CKeyCOO::operator< (
CKeyCOO const & other) const [inline]
См. определение в файле sparse.h строка 369
Объявления и описания членов структуры находятся в файле:

- sparse.h

7.2 Шаблон структуры SPML::Sparse::CMatrixCOO< T >

Структура хранения матрицы в COO формате (Coordinate list)
#include <sparse.h>

Открытые атрибуты

- std::vector< T > coo_val

  Вектор ненулевых элементов матрицы A[n,m] (n - число строк, m - число столбцов), размер nnz.
- std::vector< int > coo_row

  Индексы строк ненулевых элементов
- std::vector< int > coo_col

  Индексы столбцов ненулевых элементов

7.2.1 Подробное описание

template<typename T>
struct SPML::Sparse::CMatrixCOO< T >

Структура хранения матрицы в COO формате (Coordinate list)
Матрица A[n,m] (n - число строк, m - число столбцов)
См. определение в файле sparse.h строка 33

7.2.2 Данные класса

7.2.2.1 coo_col

template<typename T >
std::vector<int> SPML::Sparse::CMatrixCOO< T >::coo_col
Индексы столбцов ненулевых элементов
См. определение в файле sparse.h строка 45

7.2.2.2 coo_row

template<typename T >
std::vector<int> SPML::Sparse::CMatrixCOO< T >::coo_row
Индексы строк ненулевых элементов
См. определение в файле sparse.h строка 44

7.2.2.3 coo_val

template<typename T >
std::vector<T> SPML::Sparse::CMatrixCOO< T >::coo_val
Вектор ненулевых элементов матрицы A[n,m] (n - число строк, m - число столбцов), размер nnz.
См. определение в файле sparse.h строка 41
Объявления и описания членов структуры находятся в файле:

- sparse.h

7.3 Шаблон структуры SPML::Sparse::CMatrixCSC< T >

Структура хранения матрицы в CSC формате (Compressed Sparse Column Yale format)
#include <sparse.h>

Открытые атрибуты

- std::vector< T > csc_val

  Вектор ненулевых элементов матрицы A[n,m] (n - число строк, m - число столбцов), размер nnz.
- std::vector< int > csc_first

  Вектор индексов колонок ненулевых элементов, размер равен количеству ненулевых элементов nnz.
- std::vector< int > csc_kk

  вектор начальных смещений в векторе CSC, размер m+1

7.3.1 Подробное описание

template<typename T>
struct SPML::Sparse::CMatrixCSC< T >

Структура хранения матрицы в CSC формате (Compressed Sparse Column Yale format)
Матрица A[n,m] (n - число строк, m - число столбцов)
См. определение в файле sparse.h строка 73

7.3.2 Данные класса

7.3.2.1 csc_first

template<typename T >
std::vector<int> SPML::Sparse::CMatrixCSC< T >::csc_first
Вектор индексов колонок ненулевых элементов, размер равен количеству ненулевых элементов nnz.
См. определение в файле sparse.h строка 84

7.3.2.2 csc_kk

template<typename T >
std::vector<int> SPML::Sparse::CMatrixCSC< T >::csc_kk
вектор начальных смещений в векторе CSC, размер m+1
См. определение в файле sparse.h строка 85

7.3.2.3 csc_val

template<typename T >
std::vector<T> SPML::Sparse::CMatrixCSC< T >::csc_val
Вектор ненулевых элементов матрицы A[n,m] (n - число строк, m - число столбцов), размер nnz.
См. определение в файле sparse.h строка 81
Объявления и описания членов структуры находятся в файле:

- sparse.h

7.4 Шаблон структуры SPML::Sparse::CMatrixCSR< T >

Структура хранения матрицы в CSR формате (Compressed Sparse Row Yale format)
#include <sparse.h>

Открытые атрибуты

- std::vector< T > csr_val

  Вектор ненулевых элементов матрицы A[n,m] (n - число строк, m - число столбцов), размер nnz.
- std::vector< int > csr_first

  Вектор индексов колонок ненулевых элементов, размер равен количеству ненулевых элементов nnz.
- std::vector< int > csr_kk

  вектор начальных смещений в векторе CSR, размер n+1

7.4.1 Подробное описание

template<typename T>
struct SPML::Sparse::CMatrixCSR< T >

Структура хранения матрицы в CSR формате (Compressed Sparse Row Yale format)
Матрица A[n,m] (n - число строк, m - число столбцов)
См. определение в файле sparse.h строка 53

7.4.2 Данные класса

7.4.2.1 csr_first

template<typename T >
std::vector<int> SPML::Sparse::CMatrixCSR< T >::csr_first
Вектор индексов колонок ненулевых элементов, размер равен количеству ненулевых элементов nnz.
См. определение в файле sparse.h строка 64

7.4.2.2 csr_kk

template<typename T >
std::vector<int> SPML::Sparse::CMatrixCSR< T >::csr_kk
вектор начальных смещений в векторе CSR, размер n+1
См. определение в файле sparse.h строка 65

7.4.2.3 csr_val

template<typename T >
std::vector<T> SPML::Sparse::CMatrixCSR< T >::csr_val
Вектор ненулевых элементов матрицы A[n,m] (n - число строк, m - число столбцов), размер nnz.
См. определение в файле sparse.h строка 61
Объявления и описания членов структуры находятся в файле:

- sparse.h

Предметный указатель